



TUGAS AKHIR – SM 141501

**PENGENDALIAN KUALITAS PROSES PRODUKSI
KERTAS KORAN PT. ADIPRIMA SURAPRINTA
MENGUNAKAN MULTIVARIAT HOTELLING T^2**

Arga Willy Widyasmara
NRP 1211 100 094

Dosen Pembimbing
Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes
Dra. Titik Mudjiati, M.Si

JURUSAN MATEMATIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - SM 141501

**PRODUCTION PROCESS QUALITY CONTROL NEWS
PRINT PAPER IN PT. ADIPRIMA SURAPRINTA USING
HOTELLING T^2 MULTIVARIATE**

Arga Willy Widyasmara
NRP 1211 100 094

Supervisor
Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes
Dra. Titik Mudjiati, M.Si

DEPARTEMENT OF MATHEMATICS
Faculty of Mathematics and Natural Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN
PENGENDALIAN KUALITAS KERTAS KORAN
MENGUNAKAN GRAFIK KENDALI MULTIVARIAT
HOTELLING T^2

PRODUCTION PROCESS QUALITY CONTROL NEWS
PRINT PAPER IN PT. ADIPRIMA SURAPRINTA USING
HOTELLING T^2 MULTIVARIATE

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Pada bidang minat Terapan
Program Studi S-1 Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Arga Willy Widyasmara
NRP. 1211 100 094

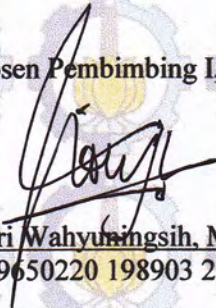
Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,



Dra. Titik Mudjiati, M.Si
NIP. 19650805 198903 2 002

Dosen Pembimbing I,



Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes
NIP. 19650220 198903 2 002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Matematika
FMIPA ITS



Dr. Imami Mukhlash, S.Si, M.T
NIP. 19700831 199403 1 003
Surabaya, Januari 2016

PENGENDALIAN KUALITAS PROSES PRODUKSI KERTAS KORAN PT. ADIPRIMA SURAPRINTA MENGUNAKAN MULTIVARIAT HOTELLING T^2

Nama Mahasiswa : Arga Willy Widyasmara
NRP : 1211100094
Jurusan : Matematika
Dosen Pembimbing : 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes
2. Dra. Titik Mudjiati, M.Si

ABSTRAK

Multivariat merupakan objek kajian pada statistika yang mempelajari perilaku dan hubungan antara dua atau lebih variabel. PT. Adiprima Suraprinta bergerak di bidang layanan jasa percetakan *kertas*, termasuk *koran*. Disamping melayani pelanggan, PT Adiprima Suraprinta juga telah dipercaya pelanggan untuk mencetak produknya. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis kualitas produk kertas jenis News Print Paper (NPP) PRIMA 45 & 48.8 Yellowish dengan menggunakan metode grafik pengendali *Multivariat Generalized Variance* dan *Hotelling T^2* serta menghitung *Indeks Kemampuan Proses* pada mesin produksi koran. Data yang digunakan yaitu data dari karakteristik fisik kertas yaitu basis weight, thickness, moisture dan tensile strenght. Hasil produksi kertas PRIMA 45 dan 48.8 Yellowish tidak terjadi perbedaan kualitas karena dari peta *Generalized Variance* dan *Hotelling T^2* masih ada beberapa pengamatan yang masih Out of Control. Diketahui bahwa kapabilitas proses produksi kertas 45 dan 48.8 telah capable.

Kata kunci: Multivariat, kertas, koran, Generalized Variance, Hotelling T^2 , Indeks Kemampuan Proses

“Halaman Ini sengaja dikosongkan”

***PRODUCTION PROCESS QUALITY CONTROL NEWS
PRINT PAPER IN PT. ADIPRIMA SURAPRINTA USING
HOTELLING T^2 MULTIVARIATE***

Name : Arga Willy Widyasmara
NRP : 1211100094
Departement of : Matematika
Supervisor : 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes
2. Dra. Titik Mudjiati, M.Si

ABSTRACT

Multivariate statistics is the object of study in which studies the behavior and the relationship between two or more variables. PT. Adiprima Suraprinta have been engaged in *paper* printing services, including *newspapers*. Not only serving customers in PT Adiprima Suraprinta, but also trusted customers to print products. This study conducted to analyze the quality of products of paper types News Print Paper (NPP) PRIMA 45 & 48 Yellowish using *Hotelling T^2* control chart and the *Multivariate Process Capability Index* calculates the paper product machine. The data used are the data of the physical characteristics of the paper that is the basis weight, thickness, moisture and tensile strenght. The production of paper PRIMA 45 and 48.8 Yellowish not occur due to differences in the quality of the map Generalized Variance and Hotelling T^2 there are still some observations still Out of Control. It is known that the paper production process capability 45 and 48.8 have been capable.

Keywords: Multivariate, paper, newspaper, Hotelling T^2 , Process Capability Index

“Halaman Ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberi rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “ **PENGENDALIAN KUALITAS KERTAS KORAN MENGGUNAKAN GRAFIK KENDALI MULTIVARIAT *HOTELLING T²*** ”. Tugas Akhir ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari semua pihak yang telah membantu. Maka dari itu, dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih atas segala petunjuk, bimbingan, doa, dan bantuannya kepada:

1. Dr. Imam Mukhlash, S.Si, M.T, Ketua Jurusan Matematika yang telah mendukung penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir.
2. Dr. Chairul Imron, MI.Komp. selaku Kaprodi S1 jurusan Matematika ITS.
3. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes dan Dra. Titik Mudjiati, M.Si, selaku dosen pembimbing yang selama ini meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan nasehat terbaik kepada penulis.
4. Drs. Suhud Wahyudi, M.Si, Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si, Kistosil Fahim, S.Si, M.Si, dan Drs. Iis Herisman, M.Si selaku Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
5. Prof. Dr. Techn. M. Isa Irawan, MT selaku Dosen Wali.
6. Segenap Dosen dan Karyawan Jurusan Matematika ITS yang banyak membantu penulis selama berkuliah di Jurusan Matematika ITS.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Maka penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak yang berkepentingan

Surabaya, Januari 2016

Penulis

Special Thanks to:

1. Papa (Rasmidi) dan Mama (Sri Purnami) yang sangat saya cintai, terimakasih atas kasih sayang dan doa yang selalu disertakan kepada penulis disetiap langkah dalam menuntut ilmu.
2. Laila Hidayatul Masruroh, wanita paling cantik dan sangat Istimewa dalam hidup saya, terimakasih atas dukungan dan bantuan dalam pengerjaan tugas akhir ini, terimakasih banyak.
3. Sahabat yang setia menemani penulis semenjak semester awal hingga saat ini, M. Azlansyah & Joko Saputro, terimakasih atas bantuan, dukungan, dan Hiburannya.
4. Teman-teman seperjuangan tugas akhir, M. Reza Giovani, M. Isman Safi'i, M. Hilmi Pamungkas, M. Danar Ramadhan, Angga Firmansyah, Kusuma Wahaniggar, Roselina Dewi Intan P., Fatima Nandita Anggraeni, dkk yang telah menemani penulis dalam mengerjakan tugas akhir, semoga sukses untuk kita semua.
5. Wanda Nurmiylan Sari, dan Dini Prihartati yang telah bersedia meluangkan waktu untuk bertukar pikiran dan berdiskusi selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Matematika ITS angkatan 2011 (Doni Rubigatra, Anisa Fadhilah, Stephanie Gani, dll), dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuan dan dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengendalian Kualitas.....	5
2.2. Analisis Multivariat	5
2.2.1. Organisasi Data	6
2.2.2. Korelasi	6
2.2.3. Distribusi Normal Multivariat.....	9
2.3. Grafik Kendali Multivariat	11
2.4. Indeks Kemampuan Proses.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Pengendalian Data.....	17
3.2. Variabel Penelitian	17
3.3. Langkah-Langkah Analisis	19
BAB IV PEMBAHASAN	
4.1. Pengambilan Data	21
4.2. Uji Korelasi.....	22
4.3 Distribusi Normal Multivariat	26
4.4. Grafik Kendali Multivariat	28
4.4.1. Grafik Kendali <i>Generalized Variance</i>	28

4.4.2. Grafik Kendali <i>Hotelling T²</i>	30
4.5. Indeks Kemampuan Proses	34
4.5.1 Kemampuan Proses Kertas PRIMA 45 Yellowish.....	35
4.5.2 Kemampuan Proses Kertas PRIMA 48.8 Yellowish.....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	39
5.2. Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 3.1. Diagram Alir langkah-langkah analisis.....	20
Gambar 4.1 Grafik Kendali <i>Generalized Variance</i> PRIMA 45	29
Kondisi pertama.....	29
Gambar 4.2 Grafik Kendali <i>Generalized Variance</i> PRIMA 45	29
Kondisi terkendal.....	29
Gambar 4.3 Grafik Kendali <i>Generalized Variance</i> PRIMA	30
48.8 Kondisi terkendali.....	30
Gambar 4.4 Grafik Kendali <i>Hotelling T²</i> PRIMA 45 Kondisi	31
pertama.....	31
Gambar 4.5 Grafik Kendali <i>Generalized Variance</i> PRIMA 45	32
Kondisi terkendal.....	32
Gambar 4.6 Grafik Kendali <i>Hotelling T²</i> PRIMA 45 Kondisi	32
terkendali.....	32
Gambar 4.7 Grafik Kendali <i>Hotelling T²</i> PRIMA 48.8 Kondisi	33
pertama.....	33
Gambar 4.8 Grafik Kendali <i>Generalized Variance</i> PRIMA	34
48.8 Kondisi terkendali.....	34
Gambar 4.9 Grafik Kendali <i>Hotelling T²</i> PRIMA 48.8 Kondisi	34
terkendali.....	34

“Halaman Ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Organisasi Data	6
Tabel 3.1 Batas spesifikasi Kertas PRIMA 45 Yellowish	18
Tabel 3.2 Batas spesifikasi Kertas PRIMA 48.8 Yellowish	19
Tabel 4.1 Statistika Deskriptif kertas PRIMA 58/48 Yellowish.....	21
Tabel 4.2 Statistika Deskriptif kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish.....	21
Tabel 4.3 Hasil sampel <i>Hotelling T²</i> pada PRIMA 45 yang <i>out of control</i>	31
Tabel 4.4 Hasil sampel <i>Hotelling T²</i> pada PRIMA 48.8 yang <i>out of control</i>	33

“Halaman Ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran A1 Data awal variabel proses produksi kertas PRIMA 58/45 Yellowish	43
Lampiran A2 Data awal variabel proses produksi kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish	45
Lampiran B1 Program Macro Minitab Normal Multivariat	47
Lampiran B2 Program Matlab Kapabilitas Proses.....	49
Lampiran C1 Hasil Nilai X_i^2 Korelasi kertas PRIMA 58/45 Yellowish	51
Lampiran C2 Hasil Nilai Y_i^2 Korelasi kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish	53
Lampiran C3 Hasil Nilai $X_{ij} \cdot X_{ik}$ Korelasi kertas PRIMA 58/45 Yellowish	55
Lampiran C4 Hasil Nilai $Y_{ij} \cdot Y_{ik}$ Korelasi kertas PRIMA 58/45 Yellowish	57
Lampiran C5 Tabel nilai d_i^2 pada uji normal multivariat kertas PRIMA 58/45 Yellowish	59
Lampiran C6 Hasil d_i^2 pada uji normal multivariat kertas PRIMA 58/45 Yellowish	61
Lampiran C7 Hasil Uji Normal Multivariat kertas PRIMA 58/45 Yellowish Pada Program Minitab	62
Lampiran C8 Tabel nilai d_i^2 pada uji normal multivariat kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish	63
Lampiran C9 Hasil d_i^2 pada uji normal multivariat kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish	65
Lampiran C10 Hasil Uji Normal Multivariat kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish Pada Program Minitab	66
Lampiran C11 Data terkendali variabel proses produksi kertas PRIMA 58/45 Yellowish	67
Lampiran C12 Data terkendali variabel proses produksi kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish	69
Lampiran C13 Hasil Nilai S_x pada Indeks Kemampuan Proses kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish	71

Lampiran C14	Hasil Nilai S_Y pada Indeks Kemampuan Proses kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish.....	73
Lampiran C15	Hasil Program Matlab Indeks Kemampuan Proses Kertas PRIMA 45 Yellowish.....	75
Lampiran C16	Hasil Program Matlab Indeks Kemampuan Proses Kertas PRIMA 48.8 Yellowish.....	78

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini, dijelaskan mengenai latar belakang hal-hal yang melatarbelakangi munculnya permasalahan. Selain itu, dijabarkan juga mengenai batasan masalah, tujuan, serta manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini.

1.1 Latar Belakang Masalah

Meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap sejumlah produk barang dan jasa mendorong tumbuhnya berbagai kegiatan industri yang memproduksi barang dan jasa untuk memenuhi kebutuhan masyarakat tersebut. Kertas merupakan salah satu kebutuhan penting bagi kehidupan manusia. Kertas biasanya digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk menggambar, menulis dan lain sebagainya. Selain masyarakat yang memanfaatkan hasil produksi kertas, banyak industri-industri yang bergerak dalam bidang percetakan juga memanfaatkan kertas dan membutuhkan kertas dalam jumlah besar untuk proses produksinya. Dari pengendalian kualitas yang berdasarkan inspeksi dengan penerimaan produk yang memenuhi syarat dan penolakan yang tidak memenuhi syarat sehingga banyak bahan, tenaga, dan waktu yang terbuang, muncul pemikiran untuk menciptakan sistem yang dapat mencegah timbulnya masalah mengenai kualitas agar kesalahan yang pernah terjadi tidak terulang kembali[1].

PT. Adiprima Suraprinta merupakan anak perusahaan dari Jawa Pos Group yang bergerak dibidang produksi kertas. Perusahaan ini memproduksi kertas berbahan baku kertas atau koran bekas. Dari bahan baku koran atau kertas bekas itulah diproduksi berbagai macam produk kertas, salah satunya adalah *Newsprint*. [2] Oleh karenanya kualitas produk menjadi perhatian utama perusahaan untuk meningkatkan dominasi pasar. Untuk menjaga kualitas produk, perusahaan harus melakukan pengendalian kualitas secara terus menerus[3].

Pada penelitian sebelumnya, telah dikerjakan suatu proses pengendalian kualitas menggunakan grafik kendali *Hotelling T²* pada proses penggilingan akhir produk Pupuk, didapatkan hasil produksi pupuk ZA I yang berdasarkan hasil C_p bahwa kemampuan proses produksi pupuk ZA I telah berada diantara batas spesifikasi atas dan batas spesifikasi bawah yang diberikan oleh perusahaan[4]. Pada tugas akhir ini, dibuat grafik kendali multivariat Koran produksi PT. Adiprima Suraprinta dengan menggunakan grafik kendali multivariat *Hotelling T²*. Selanjutnya diperoleh nilai indeks kemampuan proses (IKP), untuk mengetahui proses produksi yang berlangsung telah memenuhi atau belum memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan pada subbab 1.1, maka masalah-masalah yang ada dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana grafik kendali multivariat *Hotelling T²* untuk variabel Ukuran Berat (*Basis Weight*), Ketebalan (*Thickness*), Kelembutan (*Moisture*), dan Gaya Tarik (*Tensile Strength*) pada Kertas Koran?
2. Bagaimana nilai Indeks Kemampuan Proses (IKP) pada produksi Koran?

1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini ada beberapa batasan masalah yang diberikan, sebagai berikut:

1. Data yang dianalisa adalah variabel *Basis Weight*, *Thickness*, *Moisture*, *Tensile MD*, dan *Tensile CD*.
2. Kertas PRIMA 45 dan 48.8 Yellowish adalah kertas Koran yang digunakan untuk produksi oleh PT. Adiprima Suraprinta dengan menggunakan mesin produksi koran *overmechanica*.

1.4 Tujuan

Tujuan utama tugas akhir ini adalah:

1. Menganalisis kualitas kertas koran jenis *News Print Paper* (NPP) PRIMA 45 & 48.8 Yellowish dengan menggunakan kendali multivariat *Hotelling T^2*
2. Menentukan nilai Indeks Kemampuan Proses (IKP) pada *overmechanica* (mesin produksi koran).

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai dasar pertimbangan dalam menentukan langkah pengendalian kualitas produk.
2. Sebagai dasar penelitian yang sangat bermanfaat dalam pengembangan penelitian berikutnya, khususnya dalam bidang pengendalian kualitas produk.

Halamai ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, dijelaskan tentang pengendalian kualitas dan langkah-langkah analisis multivariat, seperti korelasi, distribusi normal multivariat, yang selanjutnya akan diaplikasikan pada grafik kendali multivariat *Hotelling T²*.

2.1 Pengendalian Kualitas

Kualitas adalah faktor kunci yang membawa keberhasilan bisnis, pertumbuhan dan peningkatan posisi bersaing. Aktivitas pengendalian proses untuk mengukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkan dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan yang sesuai apabila ada perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dan yang standar. Tujuan dari pengendalian kualitas adalah untuk mengendalikan kualitas produk atau jasa yang dapat memuaskan konsumen.

Proses kendali adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk menjaga proses produksi pada suatu standar tertentu dengan menggunakan peralatan yang tepat, pengawasan yang baik, dan melakukan tindakan teliti jika terjadi penyimpangan-penyimpangan. Dalam pengendalian kualitas mutu, pemeriksaan tidak hanya dapat dilakukan di awal proses produksi, tetapi juga dapat dilakukan pada saat proses produksi serta di akhir proses produksi.

2.2 Analisis Multivariat

Analisis multivariat merupakan analisa statistik data yang terdiri dari banyak variabel dan antar variabel saling berkorelasi[5]. Multivariat adalah perluasan dari analisis univariat seperti uji T atau analisis bivariat seperti uji korelasi dan regresi sederhana, apabila data tersebut diperoleh dari hasil pengukuran lebih dari satu variabel. Jumlah sampel yang pengolahannya menggunakan syarat-syarat analisis multivariat maka data dikatakan normal multivariat.

Asumsi-asumsi yang diberikan oleh analisis multivariat adalah adanya korelasi antar variabel dan berdistribusi normal multivariat.

2.2.1 Organisasi Data

Suatu pengamatan sebanyak n dengan q variabel, terdapat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Organisasi Data

Sampel (i)	1	2	...	j	...	q
1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1j}	...	X_{1q}
2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2j}	...	X_{2q}
...
i	X_{i1}	X_{i2}	...	X_{ij}	...	X_{iq}
...
n	X_{n1}	X_{n2}	...	X_{nj}	...	X_{nq}
rata-rata	\bar{X}_1	\bar{X}_2	...	\bar{X}_j	...	\bar{X}_q
Varian	S_1^2	S_2^2	...	S_j^2	...	N_q^2

2.2.2 Korelasi

Korelasi adalah suatu ukuran yang menyatakan kekuatan hubungan antara 2 variabel [3]. Perhitungan koefisien korelasi Pearson antara variabel X_j dan X_k , diberikan [1]:

$$\rho_{X_j X_k} = \frac{\sigma_{X_j X_k}}{\sqrt{\sigma_{X_j X_j} \sigma_{X_k X_k}}}$$

$$\rho_{X_j X_k} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_{ij} - \bar{X}_j)(X_{ik} - \bar{X}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (X_{ij} - \bar{X}_j)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (X_{ik} - \bar{X}_k)^2}} \quad ; -1 < \rho < 1$$

dengan:

$$\sigma_{X_j X_k} = \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)(X_{ik} - \bar{X}_k)$$

$$\sigma_{X_j X_j}^2 = \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2$$

Jika $0 < \rho < 1$ maka ada korelasi antara 2 variabel dengan korelasi positif, sedangkan jika $-1 < \rho < 0$ maka ada korelasi antara 2 variabel dengan korelasi negatif dan jika $\rho = 0$ maka tidak ada korelasi atau dengan kata lain saling bebas.

Jika ada variabel sebanyak q , maka didefinisikan matriks korelasi populasi sebagai berikut:

$$\rho = \begin{bmatrix} \frac{\sigma_{X_1 X_1}}{\sqrt{\sigma_{X_1 X_1}} \sqrt{\sigma_{X_1 X_1}}} & \frac{\sigma_{X_1 X_2}}{\sqrt{\sigma_{X_1 X_1}} \sqrt{\sigma_{X_2 X_2}}} & \dots & \frac{\sigma_{X_1 X_q}}{\sqrt{\sigma_{X_1 X_1}} \sqrt{\sigma_{X_q X_q}}} \\ \frac{\sigma_{X_2 X_1}}{\sqrt{\sigma_{X_2 X_2}} \sqrt{\sigma_{X_1 X_1}}} & \frac{\sigma_{X_2 X_2}}{\sqrt{\sigma_{X_2 X_2}} \sqrt{\sigma_{X_2 X_2}}} & \dots & \frac{\sigma_{X_2 X_p}}{\sqrt{\sigma_{X_2 X_2}} \sqrt{\sigma_{X_q X_q}}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\sigma_{X_q X_1}}{\sqrt{\sigma_{X_q X_q}} \sqrt{\sigma_{X_1 X_1}}} & \frac{\sigma_{X_p X_2}}{\sqrt{\sigma_{X_q X_q}} \sqrt{\sigma_{X_2 X_2}}} & \dots & \frac{\sigma_{X_q X_q}}{\sqrt{\sigma_{X_q X_q}} \sqrt{\sigma_{X_q X_q}}} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & \rho_{X_1 X_2} & \dots & \rho_{X_1 X_q} \\ \rho_{X_2 X_1} & 1 & \dots & \rho_{X_2 X_q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{X_q X_1} & \rho_{X_q X_2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

dengan:

X_{ij} : pengamatan ke-i pada variabel ke-j

X_{ik} : pengamatan ke-i pada variabel ke-k

\bar{X}_j : rata-rata variabel ke-j

$\sigma_{X_j X_k}$: kovarian antara variabel ke-j dan ke-k

$\sigma_{X_j X_j}$: varian variabel ke-j

Untuk mengkaji koefisien korelasi sampel dari data hasil pengukuran, meskipun variabelnya memiliki satuan yang berbeda[3], diberikan oleh persamaan:

$$r_{X_j X_k} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_{ij} X_{ik} - \sum_{i=1}^n X_{ij} \sum_{i=1}^n X_{ik}}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n X_{ij}^2 - (\sum_{i=1}^n X_{ij})^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n X_{ik}^2 - (\sum_{i=1}^n X_{ik})^2}}; -1 < r < 1 \quad (2.1)$$

Jika $0 < r < 1$ maka ada korelasi antara 2 variabel dengan korelasi positif, sedangkan jika $-1 < r < 0$ maka ada korelasi antara 2 variabel dengan korelasi negatif, dan jika $r = 0$ maka tidak ada korelasi atau dengan kata lain saling bebas.

Jika ada variabel sebanyak q , maka diperoleh matriks korelasi sampel sebagai berikut:

$$r = \begin{bmatrix} 1 & r_{X_1 X_2} & \cdots & r_{X_1 X_q} \\ r_{X_2 X_1} & 1 & \cdots & r_{X_2 X_q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{X_q X_1} & r_{X_q X_2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Meskipun telah diperoleh nilai koefisien korelasi dari hasil perhitungan dengan persamaan (2.1), namun kebenaran (signifikansi) nilai tersebut perlu diuji secara statistik, dengan hipotesa sebagai berikut[1]:

Hipotesa :

$H_0: \rho = 0$ (tidak ada korelasi antar variabel)

$H_1: \rho \neq 0$ (ada korelasi antar variabel)

Untuk mengetahui adanya korelasi atau tidak masing-masing variabel, dilakukan Statistik uji sebagai berikut:

$$T = \frac{(n-1)}{(1-\bar{r})^2} [\sum \sum_{k < j} (r_{X_k X_j} - \bar{r})^2 - \hat{\gamma} \sum_{j=1}^p (\bar{r}_{X_k} - \bar{r})^2] \quad (2.2)$$

dengan:

$$\bar{r}_{X_k} = \frac{1}{q-1} \sum_{j=1}^q r_{X_k X_j} ; j = 1, 2, \dots, q \quad (2.3)$$

$$\bar{r} = \frac{2}{q(q-1)} \sum \sum_{k < j} r_{X_k X_j} \quad (2.4)$$

$$\hat{\gamma} = \frac{(q-1)^2 [1 - (1-\bar{r})^2]}{q - (q-2)(1-\bar{r})^2} \quad (2.5)$$

\bar{r}_{X_k} : rata-rata yang bukan elemen diagonal utama pada kolom j matriks korelasi sampel.

\bar{r} : rata-rata keseluruhan elemen matriks segitiga bawah yang bukan diagonal utama pada matriks korelasi sampel.

$r_{X_j X_k}$: nilai koefisien korelasi dimana $j \neq k$.

Kriteria Pengujian:

Jika statistika uji $T > \chi^2_{\frac{(q+1)(q-2)}{2}, (\alpha)}$, maka H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada korelasi yang signifikan antar variabel.

2.2.3 Distribusi Normal Multivariat

Untuk membuat grafik kendali multivariat *Hotelling T^2* , data variabel kualitas harus berdistribusi normal multivariat.

Apabila di dalam suatu pengamatan ada variabel sejumlah q dan $q \geq 2$ diberikan dengan $(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iq})$ dibentuk menjadi vektor $\mathbf{X}'_i = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iq}]$ dan $\boldsymbol{\mu}' = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_q]$ menjadi vektor rata-rata dari \mathbf{X}' dan matriks kovarian $\boldsymbol{\sigma}$, sehingga dapat diberikan nilai jarak kuadrat[1].

$$d_i^2 = (\mathbf{X}_i - \boldsymbol{\mu})' \boldsymbol{\sigma}^{-1} (\mathbf{X}_i - \boldsymbol{\mu})$$

dengan:

$$\mathbf{X}_i = \begin{bmatrix} X_{i1} \\ X_{i2} \\ \vdots \\ X_{iq} \end{bmatrix} ; \quad \boldsymbol{\mu} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_q \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma_{X_1 X_1} & \sigma_{X_1 X_2} & \cdots & \sigma_{X_1 X_q} \\ \sigma_{X_2 X_1} & \sigma_{X_2 X_2} & \cdots & \sigma_{X_2 X_q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{X_q X_1} & \sigma_{X_q X_2} & \cdots & \sigma_{X_q X_q} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} E(X_1 - \mu_1)^2 & E(X_1 - \mu_1)(X_2 - \mu_2) & \cdots & E(X_1 - \mu_1)(X_q - \mu_q) \\ E(X_2 - \mu_2)(X_1 - \mu_1) & E(X_2 - \mu_2)^2 & \cdots & E(X_2 - \mu_2)(X_q - \mu_q) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ E(X_q - \mu_q)(X_1 - \mu_1) & E(X_q - \mu_q)(X_2 - \mu_2) & \cdots & E(X_q - \mu_q)^2 \end{bmatrix}$$

Terdapat 2 Jenis uji normal multivariat, yaitu uji Formal dan uji non formal.

1. Uji Formal

Pada pengamatan normal multivariat, apabila populasi adalah multivariat, jika ada sampel sebanyak n dan variabel sebanyak q , nilai n lebih banyak dari 25, dan nilai $n-q$ lebih banyak 30, maka untuk setiap jarak $d_1^2, d_2^2, \dots, d_n^2$ merupakan variabel acak *chi-*

square. Hal tersebut dapat membantu untuk pengujian secara formal, yaitu dengan pengujian hipotesa distribusi normal multivariat sebagai berikut[4]:

Hipotesa:

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik Uji

$$d_i^2 = (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}); i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, q \quad (2.6)$$

dengan:

$$\begin{aligned} \mathbf{X}_i &= \begin{bmatrix} X_{i1} \\ X_{i2} \\ \vdots \\ X_{iq} \end{bmatrix} ; \quad \bar{\mathbf{X}} = \begin{bmatrix} \bar{X}_1 \\ \bar{X}_2 \\ \vdots \\ \bar{X}_q \end{bmatrix} \\ \mathbf{S} &= \begin{bmatrix} \bar{S}_1^2 & \bar{S}_{12}^2 & \dots & \bar{S}_{1q}^2 \\ \bar{S}_{21}^2 & \bar{S}_2^2 & \dots & \bar{S}_{2q}^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{S}_{q1}^2 & \bar{S}_{q2}^2 & \dots & \bar{S}_q^2 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \text{Var}(X_1, X_1) & \text{Cov}(X_1, X_2) & \dots & \text{Cov}(X_1, X_q) \\ \text{Cov}(X_2, X_1) & \text{Var}(X_2, X_2) & \dots & \text{Cov}(X_2, X_q) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \text{Cov}(X_q, X_1) & \text{Cov}(X_q, X_2) & \dots & \text{Var}(X_q, X_q) \end{bmatrix} \quad (2.7) \end{aligned}$$

dengan:

$$\text{Var}(X_j, X_j) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2$$

$$\text{Cov}(X_j, X_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)(X_{ik} - \bar{X}_k)$$

\mathbf{S}^{-1} : invers matriks varian kovarian berukuran $q \times q$

d_i^2 : jarak tergeneralisasi yang dikuadratkan

\mathbf{X}_{ij} : vektor pengamatan ke- i pada variabel ke- j

$\bar{\mathbf{X}}_j$: vektor rata-rata pada variabel ke- j

$\bar{\mathbf{X}}_k$: vektor rata-rata pada variabel ke- k

q : banyaknya variabel

n : banyaknya sampel pengamatan

Kriteria Pengujian:

Jika terdapat lebih dari atau sama dengan 50% jarak $d_i^2 \leq \chi_{(q,\alpha)}^2$ [1], maka H_0 diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal multivariat.

2. Uji Non-Formal

Pada pengamatan normal multivariat, apabila populasi adalah multivariat, jika ada sampel sebanyak n dan variabel sebanyak q , nilai n lebih banyak dari 25, dan nilai $n-q$ lebih banyak 30, maka untuk setiap jarak $d_1^2, d_2^2, \dots, d_n^2$ merupakan variabel acak *chi-square*. Data akan berdistribusi normal multivariat jika plot mendekati garis lurus, sebaliknya, jika terdapat kelengkungan, maka menunjukkan penyimpangan dari normalitas.[4] Adapun langkah-langkah dalam pengujian distribusi normal multivariat dengan chi-square plot sebagai berikut[1]:

- a. Menghitung nilai vektor rata-rata \bar{X} dan nilai matriks varian kovarian S .
- b. Menghitung jarak tergeneralisasi yang dikuadratkan atau biasa disebut dengan d_i^2 seperti persamaan (2.6).
- c. Mengurutkan d_i^2 dari yang terkecil sampai terbesar untuk memperoleh kuantil terobservasi dari distribusi $d_1^2 \leq d_2^2 \leq \dots \leq d_n^2$
- d. Menghitung q_i dengan rumus seperti berikut:

$$q_i = \chi_q^2 \left(\frac{n-i+1/2}{n} \right), i = 1, 2, 3, \dots, n$$
- e. Setelah menentukan semua nilai, langkah terakhir adalah membuat *scatter plot* antara d_i^2 dengan q_i .

2.3 Grafik Kendali Multivariat

Grafik kendali adalah proses pengendalian yang digunakan secara luas untuk menyelidiki dengan cepat terjadinya sebab-sebab terduga atau pergeseran proses sedemikian hingga penyelidikan terhadap proses dan tindakan perbaikan dapat dilakukan sebelum terlalu banyak unit yang tidak sesuai diproduksi[6]. Pada grafik kendali, ada batas kendali atas dan batas kendali bawah yang

menyatakan suatu proses terkendali atau tidak. Grafik kendali adalah alat yang sangat penting dalam proses pengendalian kualitas.

Grafik kendali multivariat adalah peragaan grafik yang mewakili dua variabel atau lebih yang berhubungan atau berkorelasi[6]. Grafik kendali multivariat mengendalikan variabel secara bersama-sama dengan mempertimbangkan adanya hubungan (korelasi) antara variabel, penggunaan grafik kendali ini juga terbatas pada data yang berdistribusi normal multivariat. Grafik kendali multivariat yang sering digunakan yaitu Hotelling T^2 [6]. Macam-macam grafik kendali yang digunakan adalah:

1. Grafik Kendali *Generalized Variance*

Untuk mengetahui variabilitas dari suatu proses produksi, dapat digunakan peta kendali *Generalized Variance*. Variabilitas proses dapat dinyatakan dalam bentuk matriks varian-kovarian populasi (σ) dengan matriksnya berukuran $q \times q$. Pada matriks tersebut, diagonal utama adalah varian populasi dari variabel individu, dan diagonal yang lainnya adalah kovarian dari variabel individu. Khoo dan Quah pada tahun 2003, didasarkan selisih antar vektor pengamatan secara berturut-turut (successive difference) yang digunakan untuk menghitung nilai statistik, sebagai berikut:

$$M_i = \frac{1}{2} (X_{i+1} - X_i)' S^{-1} (X_{i+1} - X_i); i = 1, 2, \dots, n \quad (2.8)$$

Batas kendali:

$$BKA = \chi^2_{q, \alpha/2}$$

$$BKB = \chi^2_{q, 1-\alpha/2}$$

dengan:

q : banyaknya variabel

m : Sampel berdasarkan perhitungan selisih antar vektor pengamatan

BKA : Batas Kendali Atas

BKB : Batas Kendali bawah

M_i adalah Statistik hitung peta kendali *Generalized Variance*, sedangkan S adalah matriks kovarian seperti persamaan (2.7). Jika

nilai statistik M_i jatuh diatas BKA atau jatuh dibawah BKB, maka dapat dinyatakan bahwa proses tidak terkontrol secara varians (*out of control*).

2. Grafik Kendali *Hotelling T²*

Grafik Kendali *Hotelling T²* merupakan salah satu peta kendali yang digunakan untuk data multivariat yang saling berhubungan antar variabel, serta merupakan *monitoring process* dan kontrol prosedur untuk data multivariat yang paling sering digunakan untuk mengontrol vektor *mean* pada proses[6]. Persamaan grafik kendali *Individual Hotelling T²* sebagai berikut:

$$T_i^2 = (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}) ; i = 1, 2, \dots, n ; j = 1, 2, \dots, q \quad (2.9)$$

dengan:

$$\mathbf{X}_{ij} = \begin{bmatrix} X_{i1} \\ X_{i2} \\ \vdots \\ X_{iq} \end{bmatrix} ; \quad \bar{\mathbf{X}}_j = \begin{bmatrix} \bar{X}_1 \\ \bar{X}_2 \\ \vdots \\ \bar{X}_q \end{bmatrix}$$

X_{ij} adalah sampel vektor pengamatan ke i pada variabel ke j , sedangkan \mathbf{S} adalah matriks kovarian seperti persamaan (2.7). Suatu variabel yang berkorelasi secara signifikan dalam pengamatan individu adalah dengan cara memperkirakan matriks kovarian (σ). Estimasi atau perkiraan dari σ adalah satu atau dua dari kovarian matriks sampel, dimana pada tugas akhir ini, matriks kovarian menggunakan metode *successive different* [7].

$$\mathbf{S} = \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} V_{ij}' V_{ij}$$

dengan:

$$V_{ij} = X_{(i+1)j} - X_{ij}$$

dimana batas pengendali atas dan batas pengendali bawah sebagai berikut:

$$BKA = \frac{q(n+1)(n-1)}{n^2 - nq} F_{\alpha, v_1, v_2}$$

$$BKB = 0$$

Apabila n sampel pengamatannya lebih dari 100, maka menggunakan batas kendali sebagai berikut :

$$BKA = \frac{q(n-1)}{n-q} F_{\alpha, v_1, v_2}$$

$$BKB = 0$$

dengan:

T^2 : Statistik hitung peta kendali *Hotelling* T^2

X_{ij} : sampel ke- i pada variabel j

\bar{X}_j : vektor rata-rata untuk tiap-tiap variabel

n : banyaknya sampel yang terkendali secara *variance*

S^{-1} : matriks varian-kovarian dari variabel q

q : banyaknya variabel data

BKA : Batas Kendali Atas

BKB : Batas Kendali Bawah

$F_{\alpha, q, n-q}$: Nilai yang diperoleh dari distribusi F dengan $\alpha = 0,05$,
 $v_1 = q$ dan $v_2 = n-q$

Apabila pengendalian kualitas terdapat sinyal *out of control* maka perlu dilakukan identifikasi variabel yang menjadi penyebab proses tidak terkendali. Salah satu metode yang digunakan yaitu mendeteksi sinyal *out of control* dengan menguraikan statistik T^2 ke dalam komponen yang menunjukkan kontribusi pada variabel[6].

$$b_j = T_i^2 - T_{ij}^2$$

T_i^2 merupakan nilai statistik yang mengandung seluruh nilai variabel, sedangkan T_{ij}^2 untuk semua variabel proses tanpa variabel ke- j . Saat didapatkan sebuah pengamatan yang *out of control*, disarankan untuk menghitung nilai b_j , dengan j adalah banyaknya variabel data. Jika nilai $b_j > \chi^2_{(\alpha, 1)}$ maka variabel ke- j tersebut adalah penyebab pengamatan yang *out of control*.

2.4 Indeks Kemampuan Proses

Indeks kemampuan proses menggambarkan suatu penampilan proses dalam menghasilkan produk, proses dikatakan kapabel[5], apabila:

1. Semua titik berada diantara batas spesifikasi atas dan batas spesifikasi bawah dan bersifat *random* (acak).

2. Nilai pengamatan dekat dengan nilai pencapaian.
3. Tingkat kedekatan antara satu pengamatan dengan pengamatan lain, serta kedekatan suatu pengamatan dengan nilai target itu tinggi.

Tujuan dari indeks kemampuan proses untuk menganalisa apakah suatu proses (yang telah terkendali secara statistik dan berdistribusi normal) sesuai dengan batas-batas spesifikasi yang telah diberikan[5].

Indeks Kemampuan Proses (C_p) multivariat adalah:

$$C_p = \frac{K}{\chi_{q,0.9973}^2} \left(\frac{(n-1)q}{f} \right)^{1/2} \quad (2.10)$$

dengan:

$$f = \sum_{i=1}^n (\mathbf{X}_i^* - \bar{\mathbf{X}}^*)' \mathbf{A}^{-1} (\mathbf{X}_i^* - \bar{\mathbf{X}}^*) \quad (2.11)$$

$$\mathbf{A}^{-1} = (\mathbf{X}_{iq}^{*'} \mathbf{X}_{iq}^*)^{-1} \quad (2.12)$$

$$K = \sqrt{(\bar{\mathbf{X}}^* - \boldsymbol{\varepsilon})' \mathbf{S}^{*-1} (\bar{\mathbf{X}}^* - \boldsymbol{\varepsilon})} \quad (2.13)$$

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{1}{2} (BSA + BSB) \quad (2.14)$$

$\chi_{q;0,9973}^2$: *chi-square* dengan q jumlah variabel yang terkendali

n : banyaknya sampel pengamatan yang sudah terkendali

i : nomor sampel ke-1, 2, 3, ..., n yang sudah terkendali

\mathbf{A}^{-1} : invers matriks tabel data yang sudah terkendali

\mathbf{X}_i^* : pengamatan ke- i yang terkendali

$\bar{\mathbf{X}}^*$: rata-rata variabel yang sudah terkendali

\mathbf{S}^{*-1} : invers matriks varian-kovarian data yang terkendali

BSA : Batas Spesifikasi Atas

BSB : Batas Spesifikasi Bawah

Halamai ini sengaja dikosongkan

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini, akan dijelaskan mengenai pengambilan data, variabel data, dan langkah-langkah analisis yang dilakukan.

3.1 Pengambilan Data

Tugas Akhir ini menggunakan data variabel kertas koran PRIMA 45 dan 48.8 Yellowish yang diproduksi oleh PT. Adiprima Suraprinta (Jawa Pos Group) yang terdiri dari variabel ukuran berat (*Basis Weight*), variabel ketebalan (*Thickness*), variabel keputihan (*Moisture*), variabel gaya tarik (*Tensile MD & CD*). Pengambilan sampel dilakukan secara sekunder untuk data pada 1 September – 25 Nopember 2015.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan pada tugas akhir ini adalah:

1. Basis Weight

Variabel X_1 adalah Basis Weight pada Kertas PRIMA 45 Yellowish. Sedangkan variabel Y_1 adalah Basis Weight pada Kertas PRIMA 48.8 Yellowish. Basis Weight bisa disebut juga dengan istilah *Gramature* adalah berat dasar yang digunakan pada macam-macam jenis kertas, termasuk kertas koran. Dalam Organisasi Standar Internasional (ISO), Basis Weight dinyatakan dalam satuan gram per meter persegi (gr/m^2)

2. Thickness

Variabel X_2 adalah Thickness pada Kertas PRIMA 45 Yellowish. Sedangkan variabel Y_2 adalah Basis Weight pada Kertas PRIMA 48.8 Yellowish. Thickness adalah ketebalan yang terdapat pada kertas. Thickness dihitung dalam satuan milimeter (mm).

3. Moisture

Variabel X_3 adalah Moisture pada Kertas PRIMA 45 Yellowish. Sedangkan variabel Y_3 adalah Moisture pada Kertas PRIMA 48.8 Yellowish. Moisture adalah kadar air yang terkandung dalam

kertas. Moisture dihitung dalam persentase air (%). Apabila persentase air dalam kertas semakin banyak, maka kertas akan semakin cepat rusak.

4. Tensile

Tensile adalah kekuatan tarik yang dilakukan pada lebar kertas per 15 mm. Satuan yang digunakan dalam Tensile adalah kilogram gaya per 15 milimeter (Kgf/15mm). Tensile terbagi menjadi 2 bagian, yaitu *Tensile MD* dan *Tensile CD*.

a. Tensile MD

Variabel X_4 adalah Tensile MD pada Kertas PRIMA 45 Yellowish. Sedangkan variabel Y_4 adalah Tensile MD pada Kertas PRIMA 48.8 Yellowish. Tensile MD merupakan singkatan dari *Tensile Machine Directon*. Tensile MD adalah kekuatan tarik kertas dalam arah mesin.

b. Tensile CD

Variabel X_5 adalah Tensile CD pada Kertas PRIMA 45 Yellowish. Sedangkan variabel Y_5 adalah Tensile CD pada Kertas PRIMA 48.8 Yellowish. Tensile CD merupakan singkatan dari *Tensile Cross Directon*. Tensile CD adalah kekuatan tarik kertas dalam arah silang mesin (melintang).

Adapun batas spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan untuk mengatur ukuran berat, ketebalan, keputihan, dan gaya tarik pada masing-masing kertas koran sebagai berikut:

Tabel 3.1 Batas spesifikasi Kertas PRIMA 45 Yellowish

Variabel	Min	Max	Average	BSA	BSB
Basis Weight (X_1)	45	46,35	45,515	46,35	43,65
Thickness (X_2)	62,1	68,5	65,204	70	60
Moisture (X_3)	6,402	7,798	7,100	8	6
Tensile MD (X_4)	3,719	4,65	4,184	5	3
Tensile CD (X_5)	1,155	1,929	1,637	2	0,8

Tabel 3.2 Batas spesifikasi Kertas PRIMA 48.8 Yellowish

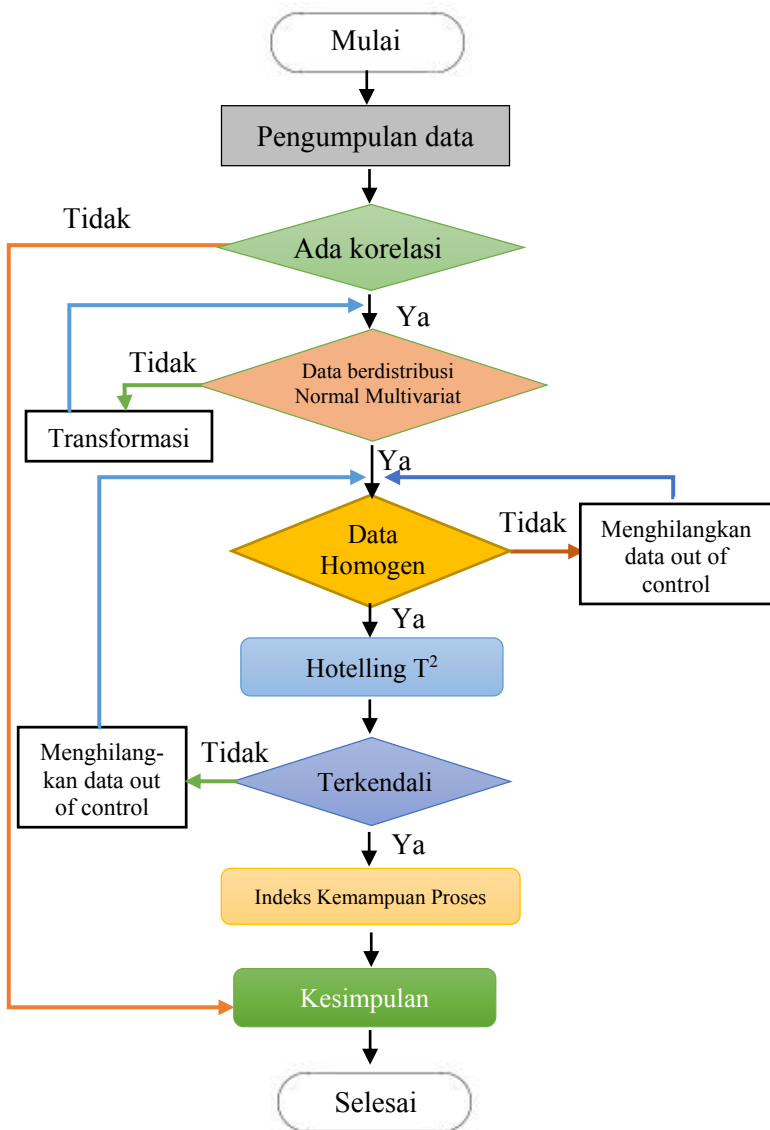
Variabel	Min	Max	Average	BSA	BSB
Basis Weight (Y_1)	48,11	49,4	48,728	50,26	47,34
Thickness (Y_2)	65,3	74,5	69,458	75	65
Moisture (Y_3)	6,01	7,80	7,032	8	6
Tensile MD (Y_4)	3,678	4,981	4,506	5,2	3,1
Tensile CD (Y_5)	1,328	2,226	1,809	2,1	0,9

3.3 Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data sekunder pada PT. ADIPRIMA Suraprinta Gresik berupa data kertas koran, yaitu Basis Weight, Thickness, Moisture, Tensile MD & CD.
2. Menghitung Korelasi dengan menggunakan Uji Korelasi Pearson untuk mengetahui besar korelasi antar variabel.
3. Uji Normal Multivariat, untuk mengetahui data berdistribusi normal multivariat
4. Mengidentifikasi Variabilitas proses produksi menggunakan grafik kendali *Generalized Variance*.
5. Mengidentifikasi proses produksi menggunakan grafik kendali *Hotelling T^2* , menggunakan data terkendali secara *variance*.
6. Menentukan Indeks Kemampuan Proses pada data terhadap variabel Basis Weight, Thickness, Moisture, Tensile MD & CD apabila data telah terkendali melalui peta kendali *Hotelling T^2* .
7. Memberikan Kesimpulan dari hasil analisis yang sudah dilakukan.
8. Mempresentasikan hasil Analisis.

Diagram alir langkah-langkah analisis bisa dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir langkah-langkah analisis

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, dijelaskan mengenai analisis statistika, uji korelasi, uji normal multivariat serta diberikan juga hasil dari grafik kendali multivariat *Hotelling T²*.

4.1 Pengambilan data

Pengambilan data sekunder pada tanggal 1 September – 25 Nopember 2015, yang merupakan kertas jenis PRIMA 45 dan 48.8 Yellowish. Statistika deskriptif untuk variabel X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , dan X_5 serta Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4 , dan Y_5 dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Statistika Deskriptif kertas PRIMA 58/45 Yellowish

Variabel	Min	Max	Median	Mean	Std Dev
Basis Weight (X_1)	45	46,35	45,48	45,515	0,238
Thickness (X_2)	62,1	68,5	65,1	65,204	1,365
Moisture (X_3)	6,402	7,798	7,163	7,1	0,271
Tensile MD (X_4)	3,719	4,65	4,176	4,184	0,211
Tensile CD (X_5)	1,155	1,929	1,642	1,637	0,143

Tabel 4.2 Statistika Deskriptif kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish

Variabel	Min	Max	Median	Mean	Std Dev
Basis Weight (Y_1)	48,11	49,4	48,725	48,728	0,321
Thickness (Y_2)	65,3	74,5	69,55	69,458	1,949
Moisture (Y_3)	6,01	7,80	7,073	7,032	0,403
Tensile MD (Y_4)	3,678	4,981	4,562	4,506	0,322
Tensile CD (Y_5)	1,328	2,226	1,7985	1,809	0,185

4.2. Uji Korelasi Data

Dalam pengujian korelasi variabel X_1, X_2, X_3, X_4 dan X_5 serta Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 dan Y_5 digunakan metode korelasi *Pearson*, diberikan koefisien korelasi contoh (*sample*) dengan menggunakan persamaan (2.1) seperti berikut:

1. Uji Korelasi kertas PRIMA 58/45 Yellowish

Dengan menggunakan persamaan (2.1), didapatkan

$$\begin{aligned}
 r_{X_1X_2} &= \frac{n \sum_{i=1}^n X_{i1}X_{i2} - \sum_{i=1}^n X_{i1} \sum_{i=1}^n X_{i2}}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n X_{i1}^2 - (\sum_{i=1}^n X_{i1})^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n X_{i2}^2 - (\sum_{i=1}^n X_{i2})^2}} \\
 &= \frac{48(142456,12) - (2184,72)(3129,8)}{\sqrt{48(99440,202) - 4773001,478} \sqrt{48(204163,54) - 9795648,04}} \\
 &= \frac{6837893,76 - 6837736,66}{\sqrt{128,218} \sqrt{4201,88}} \\
 &= \frac{157,1}{734} = 0,21403
 \end{aligned}$$

Untuk koefisien korelasi lainnya, dapat dilihat melalui matriks koefisien korelasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{r}_X &= \begin{bmatrix} 1 & r_{X_1X_2} & \cdots & r_{X_1X_q} \\ r_{X_2X_1} & 1 & \cdots & r_{X_2X_q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{X_qX_1} & r_{X_1X_q} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 1 & 0,214 & 0,276 & -0,117 & 0,098 \\ 0,214 & 1 & -0,153 & -0,03 & -0,345 \\ 0,276 & -0,153 & 1 & -0,165 & 0,071 \\ -0,117 & -0,03 & -0,165 & 1 & 0,687 \\ 0,098 & -0,345 & 0,071 & 0,687 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Untuk menguji signifikansi korelasi, diberikan hipotesa:

$H_0: \rho = 0$ (tidak ada korelasi antar variabel)

$H_1: \rho \neq 0$ (ada korelasi antar variabel)

Untuk mengetahui nilai korelasi dari kertas PRIMA 58/45 Yellowish, dilakukan uji T untuk masing-masing sampel. Berdasarkan persamaan (2.3), (2.4) dan (2.5), didapatkan

$$\begin{aligned}
\bar{r}_{X_1} &= \frac{1}{5-1} [0,214 + 0,2762 + (-0,1171) + 0,0977] = 0,1177 \\
\bar{r}_{X_2} &= \frac{1}{5-1} [0,214 + (-0,1528) + (-0,0304) + (-0,3453)] = -0,0786 \\
\bar{r}_{X_3} &= 0,0161 \quad ; \quad \bar{r}_{X_4} = 0,0935 \quad ; \quad \bar{r}_{X_5} = 0,1274 \\
\bar{r}_X &= \frac{2}{(5)(4)} [0,214 + 0,276 + (-0,117) + 0,098 + (-0,153) + (-0,03) \\
&\quad + (-0,345) + (-0,165) + 0,071 + 0,687] \\
&= \frac{1}{10} (0,534) \\
&= 0,0534
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sum \sum_{k>j} (r_{X_k X_j} - \bar{r}_X)^2 &= (0,214 - 0,0534)^2 + (0,2762 - 0,0534)^2 + \\
&\quad (-0,1171 - 0,0534)^2 + (0,0977 - 0,0534)^2 + \\
&\quad (-0,1528 - 0,0534)^2 + (-0,0304 - 0,0534)^2 + \\
&\quad (-0,3453 - 0,0534)^2 + (-0,1652 - 0,0534)^2 + \\
&\quad (0,0706 - 0,0534)^2 + (0,6865 - 0,0534)^2 \\
&= 0,025792 + 0,049635 + 0,029074 + \\
&\quad 0,001959 + 0,042528 + 0,007025 + 0,158975 \\
&\quad + 0,04779 + 0,000294 + 0,4008 \\
&= 0,763873
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sum_{j=1}^p (\bar{r}_{X_j} - \bar{r}_X)^2 &= (0,1177 - 0,0534)^2 + (-0,0786 - 0,0534)^2 + \\
&\quad (0,0161 - 0,0534)^2 + (0,0935 - 0,0534)^2 + \\
&\quad (0,1274 - 0,0534)^2 \\
&= 0,00413 + 0,01743 + 0,00139 + 0,0016 + 0,00547 \\
&= 0,03003
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\hat{\nu}_X &= \frac{(5-1)^2 [1 - (1 - 0,0534)^2]}{5 - (5-2)(1 - 0,0534)^2} \\
&= \frac{(4)^2 [1 - 0,9228]}{5 - (3)(0,9466)^2} \\
&= \frac{16(0,0772)}{2,1183} \\
&= 0,7197753
\end{aligned}$$

Setelah didapat hasil persamaan (2.3), (2.4), dan (2.5), maka hasil persamaan tersebut dimasukkan ke persamaan (2.2) untuk

menentukan apakah ρ terdapat korelasi atau tidak. Maka dari itu, nilai T didapatkan

$$\begin{aligned} T &= \frac{(48-1)}{(1-0,0534)^2} [0,7639 - (0,7198)(0,03)] \\ &= \frac{(47)}{(0,89605)} [0,7639 - 0,0216] \\ &= 52,4559 \cdot [0,7423] \\ &= 38,93583386 \end{aligned}$$

Dengan $\alpha=0,05$; $v = \frac{(q+1)(q-2)}{2} = 9$ maka nilai kritis untuk hasil kertas PRIMA 45 Yellowish adalah $\chi^2_{9;0,05} = 16.919$ dapat dinyatakan bahwa $T > \chi^2_{9;0,05}$, sehingga dapat membuktikan bahwa H_0 ditolak, dengan kata lain ada korelasi yang signifikan antar variabel.

2. Uji Korelasi kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish

Dengan menggunakan persamaan (2.1), didapatkan

$$\begin{aligned} r_{Y_1 Y_2} &= \frac{n \sum_{i=1}^n Y_{i1} Y_{i2} - \sum_{i=1}^n Y_{i1} \sum_{i=1}^n Y_{i2}}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n Y_{i1}^2 - (\sum_{i=1}^n Y_{i1})^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n Y_{i2}^2 - (\sum_{i=1}^n Y_{i2})^2}} \\ &= \frac{36 (121847,645) - (1754,19)(2500,5)}{\sqrt{36(85480,895) - 3077182,556} \sqrt{36(173813,47) - 6252500,25}} \\ &= \frac{4386515,22 - 4386352,1}{\sqrt{129,664} \sqrt{4784,67}} \\ &= \frac{163,12}{787,654} = 0,2071 \end{aligned}$$

Untuk koefisien korelasi lainnya, dapat diketahui melalui matriks koefisien korelasi sebagai berikut:

$$r_Y = \begin{bmatrix} 1 & r_{Y_1 Y_2} & \cdots & r_{Y_1 Y_5} \\ r_{Y_2 Y_1} & 1 & \cdots & r_{Y_2 Y_5} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{Y_5 Y_1} & r_{Y_5 Y_2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

$$r_Y = \begin{bmatrix} 1 & 0,207 & 0,082 & -0,193 & -0,119 \\ 0,207 & 1 & -0,295 & -0,378 & -0,371 \\ 0,082 & -0,295 & 1 & 0,068 & -0,004 \\ -0,193 & -0,378 & 0,068 & 1 & 0,859 \\ -0,119 & -0,371 & -0,004 & 0,859 & 1 \end{bmatrix}$$

Untuk menguji signifikansi korelasi, diberikan hipotesa:

$H_0: \rho = 0$ (tidak ada korelasi antar variabel)

$H_1: \rho \neq 0$ (ada korelasi antar variabel)

Untuk mengetahui nilai korelasi dari kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish, dilakukan uji T untuk masing-masing sampel. dengan menggunakan persamaan (2.3), (2.4), dan (2.5), didapatkan

$$\bar{r}_{Y_1} = \frac{1}{5-1} [0,2071 + 0,0824 + (-0,1932) + (-0,1187)] = -0,0056$$

$$\bar{r}_{Y_2} = \frac{1}{5-1} [0,2071 + (-0,2946) + (-0,3782) + (-0,3711)] = -0,2092$$

$$\bar{r}_{Y_3} = -0,0371 \quad ; \quad \bar{r}_{Y_4} = 0,0889 \quad ; \quad \bar{r}_{Y_5} = 0,0913$$

$$\begin{aligned} \bar{r}_Y &= \frac{2}{(5)(4)} [0,207 + 0,082 + (-0,193) + (-0,119) + (-0,295) \\ &\quad + (-0,378) + (-0,371) + 0,068 + (-0,039) + 0,859] \\ &= \frac{1}{10} [-0,143] \\ &= -0,0143 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \sum_{k>j} (r_{Y_k Y_j} - \bar{r}_Y)^2 &= (0,2071 + 0,0143)^2 + (0,0824 + 0,0143)^2 + \\ &\quad (-0,1932 + 0,0143)^2 + (-0,1187 + 0,0143)^2 + \\ &\quad (-0,2946 + 0,0143)^2 + (-0,3782 + 0,0143)^2 + \\ &\quad (-0,3711 + 0,0143)^2 + (0,0678 + 0,0143)^2 + \\ &\quad (-0,0039 + 0,0143)^2 + (0,859 + 0,0143)^2 \\ &= 0,049039 + 0,009359 + 0,031979 + \\ &\quad 0,010886 + 0,078573 + 0,132368 + \\ &\quad 0,127298 + 0,006743 + 0,000109 + \\ &\quad 0,762692 \\ &= 1,209047 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^p (\bar{r}_{Y_j} - \bar{r}_Y)^2 &= (-0,0056 + 0,0143)^2 + (-0,2092 + 0,0143)^2 + \\ &\quad (-0,0371 + 0,0143)^2 + (0,0889 + 0,0143)^2 + \\ &\quad (0,0913 + 0,0143)^2 \end{aligned}$$

$$\sum_{j=1}^p (\bar{r}_{Y_j} - \bar{r}_Y) = 0,00008 + 0,03797 + 0,0052 + 0,01065 + 0,01116$$

$$\sum_{j=1}^p (\bar{r}_{Y_j} - \bar{r}_Y) = 0,05941$$

$$\begin{aligned}\hat{\nu}_Y &= \frac{(5-1)^2[1-(1+0,0143)^2]}{5-(5-2)(1+0,0143)^2} \\ &= \frac{(4)^2[1-1,0288]}{5-(3)(1,0143)^2} \\ &= \frac{16(-0,0289)}{1,9134} \\ &= -0,241396637\end{aligned}$$

Setelah didapat hasil persamaan (2.3), (2.4), dan (2.5), maka hasil persamaan tersebut dimasukkan ke persamaan (2.2) untuk menentukan apakah ρ terdapat korelasi atau tidak. Maka dari itu, nilai T didapatkan

$$\begin{aligned}T &= \frac{(36-1)}{(1-(-0,0143))^2} [1,209 - (-0,2414)(0,0604)] \\ &= \frac{35}{1,0225} [1,2765 + 0,0146] \\ &= 34,018 \cdot [1,2236] \\ &= 41,55386\end{aligned}$$

Dengan $\alpha=0,05$; $v = \frac{(q+1)(q-2)}{2} = 9$ maka nilai kritis untuk hasil kertas PRIMA 48.8 Yellowish adalah $\chi_{9;0,05}^2 = 16,919$ dapat dinyatakan bahwa $T > \chi_{9;0,05}^2$, sehingga dapat membuktikan bahwa H_0 ditolak, dengan kata lain ada korelasi yang signifikan antar variabel.

4.3. Distribusi Normal Multivariat

Dalam pengujian normal multivariat variabel X_1, X_2, X_3, X_4 , dan X_5 serta Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 , dan Y_5 digunakan metode Distribusi Normal Multivariat, diberikan hipotesa dan dengan menggunakan persamaan (2.6) seperti berikut:

1. Uji Normal Multivariat PRIMA 58/45 Yellowish

Untuk menguji distribusi normal multivariat, diberikan hipotesa sebagai berikut:

Hipotesa:

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

Untuk mengetahui hasil uji normal multivariat PRIMA 58/45 Yellowish, dilakukan uji normal mutivariat seperti berikut:

$$d_1^2 = [45,72 - 45,52 \quad 65,9 - 65,2 \quad 7,422 - 7,1 \quad 3,924 - 4,184 \quad 1,519 - 1,637] \\ \begin{bmatrix} 23,505 & -1,6953 & -4,8604 & 11,016 & -19,9037 \\ -1,6953 & 0,7953 & 0,5182 & -2,4091 & 5,2625 \\ -4,8604 & 0,5182 & 16,0486 & 5,1011 & -4,8082 \\ 11,0160 & -2,4091 & 5,1011 & 55,5597 & -66,6264 \\ -19,9037 & 5,2625 & -4,8082 & -66,6264 & 137,4285 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 45,72 - 45,52 \\ 65,9 - 65,2 \\ 7,422 - 7,1 \\ 3,924 - 4,184 \\ 1,519 - 1,637 \end{bmatrix} \\ d_1^2 = [0,2 \quad 0,4 \quad 0,322 \quad -0,26 \quad -0,118] \\ \begin{bmatrix} 23,505 & -1,6953 & -4,8604 & 11,016 & -19,9037 \\ -1,6953 & 0,7953 & 0,5182 & -2,4091 & 5,2625 \\ -4,8604 & 0,5182 & 16,0486 & 5,1011 & -4,8082 \\ 11,0160 & -2,4091 & 5,1011 & 55,5597 & -66,6264 \\ -19,9037 & 5,2625 & -4,8082 & -66,6264 & 137,4285 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2 \\ 0,62 \\ 0,322 \\ -0,26 \\ -0,118 \end{bmatrix} \\ d_i^2 = [0,2 \quad 0,4 \quad 0,322 \quad -0,26 \quad -0,118] \begin{bmatrix} 1,556 \\ 0,378 \\ 3,778 \\ -4,363 \\ -0,86 \end{bmatrix}$$

$$d_i^2 = 3,0371$$

Hasil $d_2^2, d_3^2, \dots, d_{48}^2$ dapat dilihat pada Lampiran C5 dan C6. Nilai $\chi_{5;0,5}^2 = 4,3515$. Nilai $d_i^2 \leq 4,3515$ adalah sebanyak 27 dari 48 nilai d_i^2 , sehingga terdapat 56,25% nilai $d_i^2 \leq 4,3515$, jadi kesimpulannya adalah H_0 diterima, Artinya data berdistribusi normal multivariat. Didukung oleh uji non formal dengan menggunakan scatter plot pada Lampiran C7.

2. Uji Normal Multivariat PRIMA 58/48.8 Yellowish

Untuk menguji distribusi normal multivariat, diberikan hipotesa sebagai berikut:

Hipotesa:

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

Untuk mengetahui hasil uji normal multivariat PRIMA 58/48.8 Yellowish, dilakukan uji normal mutivariat seperti berikut:

$$d_1^2 = \begin{bmatrix} 48,11 - 48,73 & 71,4 - 69,46 & 7,203 - 7,032 & 3,678 - 4,506 & 1,328 - 1,809 \\ 10,7545 & -0,3980 & -1,4791 & 3,6883 & -4,8630 \\ -0,3980 & 0,3572 & 0,5270 & 0,1726 & 1,0605 \\ -1,4791 & 0,527 & 7,1182 & -2,2119 & 5,1173 \\ 3,6883 & 0,1726 & -2,2119 & 39,1180 & -56,9918 \\ -4,8630 & 1,0605 & 5,1173 & -56,9918 & 117,4626 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 448,11 - 48,73 \\ 71,4 - 69,46 \\ 7,203 - 7,032 \\ 3,678 - 4,506 \\ 1,328 - 1,809 \end{bmatrix}$$

$$d_1^2 = \begin{bmatrix} -0,62 & 1,94 & 0,171 & -0,828 & -0,481 \\ 23,8221 & -1,8267 & -4,7786 & 13,6597 & -24,2329 \\ -1,8267 & 0,8801 & 0,6213 & -2,5286 & 5,9611 \\ -4,7786 & 0,6213 & 15,5060 & 4,9029 & -3,9633 \\ 13,6597 & -2,5286 & 4,9029 & 61,3179 & -75,6563 \\ -24,2329 & 5,9611 & -3,9633 & -75,6563 & 152,0914 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0,62 \\ 1,94 \\ 0,171 \\ -0,828 \\ -0,481 \end{bmatrix}$$

$$d_1^2 = \begin{bmatrix} -0,62 & 1,94 & 0,171 & -0,828 & -0,481 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -8,212 \\ 0,352 \\ 2,629 \\ -6,78 \\ -4,379 \end{bmatrix}$$

$$d_1^2 = 13,925357$$

Hasil $d_2^2, d_3^2, \dots, d_{36}^2$ dapat dilihat pada Lampiran C8 dan C9. Nilai $\chi_{5;0,5}^2 = 4,3515$. Nilai $d_i^2 \leq 4,3515$ adalah sebanyak 18 dari 36 nilai d_i^2 , sehingga terdapat 50% nilai $d_j^2 \leq 4,3515$, jadi kesimpulannya adalah H_0 diterima, Artinya data berdistribusi normal multivariat. Didukung oleh uji non formal dengan menggunakan scatter plot pada Lampiran C10.

4.4. Grafik Kendali Multivariat

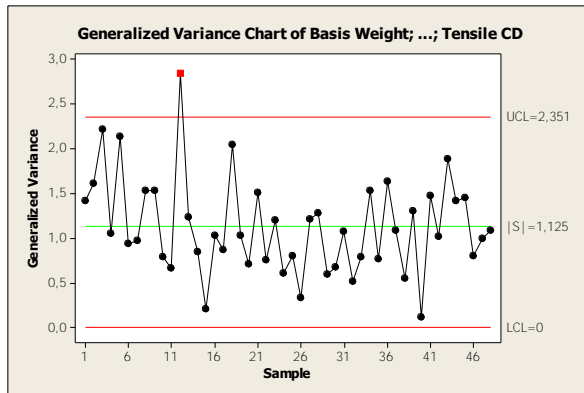
Selanjutnya dilakukan proses pengendalian kualitas melalui grafik kendali multivariat. Terdapat dua Grafik kendali yang akan digunakan yaitu grafik kendali *Generalized Variance* dan grafik kendali *Hotelling T^2*.

4.4.1. Grafik Kendali *Generalized Variance*

Grafik Kendali *Generalized Variance* digunakan untuk mengetahui variabilitas dari suatu proses produksi. Dengan menggunakan data Lampiran A1, A2, dan persamaan (2.8), diperoleh hasil grafik berikut:

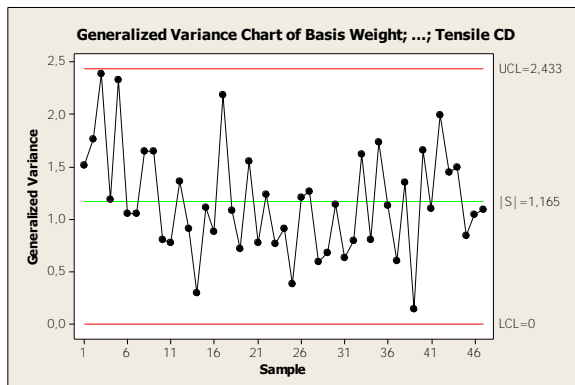
1. Evaluasi *Generalized Variance* Kertas PRIMA 45

Pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pada kertas PRIMA 45 Yellowish terdapat pengamatan yang *out of control* pada pengamatan ke-12.



Gambar 4.1 Grafik kendali *Generalized Variance* PRIMA 45 kondisi pertama

Apabila pengamatan yang *out of control* tetap dibiarkan, maka kualitas koran akan menjadi jelek. Sehingga perlu penanganan khusus, yaitu dengan cara menghilangkan titik yang *out of control*. Setelah pengamatan *out of control* dihilangkan maka diperoleh peta kendali seperti tersebut pada Gambar 4.2



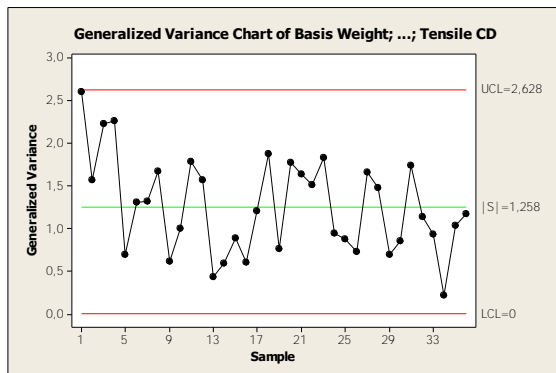
Gambar 4.2 Grafik kendali *Generalized Variance* PRIMA 45 kondisi terkendali

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa sampel telah berada diantara $BKA=2,433$ dan $BKB=0$, maka dapat dikatakan bahwa proses telah terkendali secara *variance*.

2. Evaluasi *Generalized Variance* Kertas PRIMA 48.8

Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa pada kertas PRIMA 48.8 Yellowish tidak terdapat pengamatan yang *out of control*. Maka diperoleh peta kendali menggunakan data sampel yang sudah terkendali secara *variance*.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa sampel telah berada diantara $BKA=2,628$ dan $BKB=0$, maka dapat dikatakan bahwa proses telah terkendali secara *variance*.



Gambar 4.3 Grafik kendali *Generalized Variance* PRIMA 48.8 kondisi terkendali

4.4.2. Grafik Kendali *Hotelling T²*

Grafik kendali *Hotelling T²* digunakan untuk melihat apakah *mean* proses telah terkendali. dengan menggunakan data yang terkendali secara *variance* dan persamaan (2.9) diperoleh peta kendali seperti tersebut pada [Gambar 4.4 dan Gambar 4.7 berikut.

1. Evaluasi *Hotelling T²* Kertas PRIMA 45

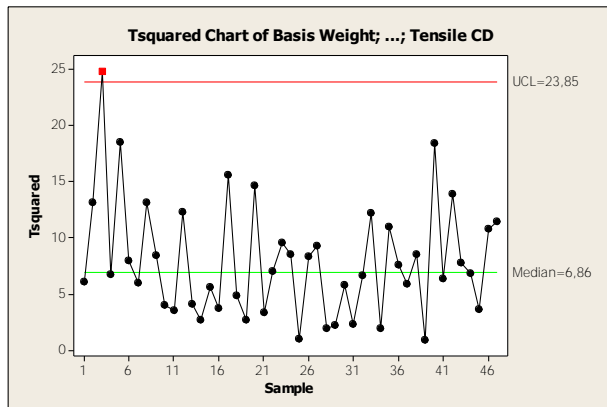
Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada kertas PRIMA 45 Yellowish terdapat pengamatan yang *out of control* pada pengamatan ke-3. Penyebab terjadinya *out of control* adalah

adanya variabel Thickness dan Moisture yang terlalu tinggi. Hasil sampel yang *out of control* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil sampel *Hotelling T^2* pada PRIMA 45 yang *out of control*

Sampel yang out of control	Nilai T^2	P-value yang <i>out of control</i>				
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
3	24,78	-	0,0014	0,0008	-	-

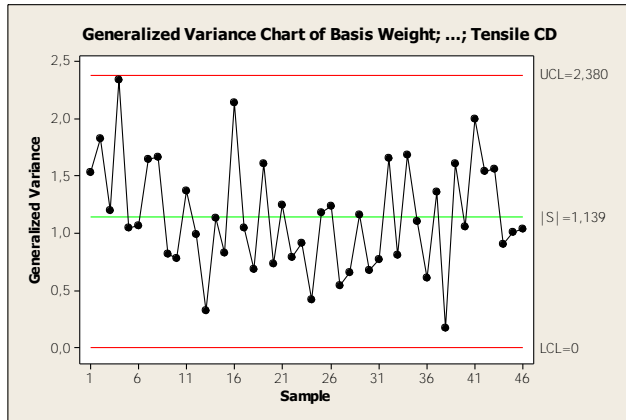
Apabila pengamatan yang *out of control* tetap dibiarkan, maka kualitas koran akan menjadi jelek. Sehingga perlu penanganan khusus yaitu dengan cara menghilangkan titik yang *out of control*.



Gambar 4.4 Grafik kendali *Hotelling T^2* PRIMA 45 kondisi pertama

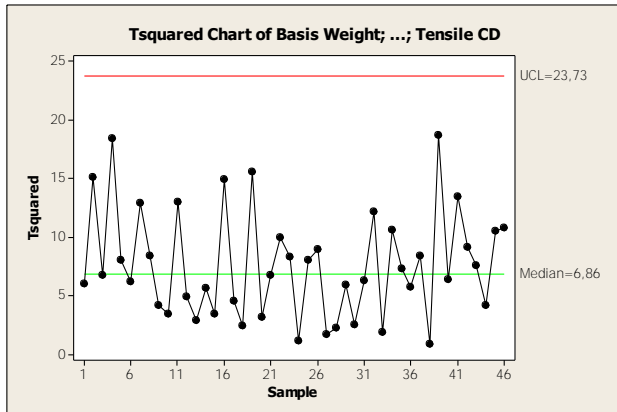
Setelah pengamatan *out of control* dihilangkan, kemudian dilakukan evaluasi generalized variance kembali. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah kertas PRIMA 45 sudah terkendali secara *variance*. Maka didapat peta kendali *Generalized Variance* seperti pada Gambar 4.5

Jika Peta kendali *Generalized Variance* pada kertas PRIMA 45 Yellowish terkendali secara *Variance*, maka dilakukan evaluasi *Hotelling T^2* kembali dengan menggunakan data yang terkendali secara *variance* dan persamaan (2.9). Hasil peta kendali *Hotelling T^2* untuk kertas PRIMA 45 Yellowish dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.5 Grafik kendali *Generalized Variance* PRIMA 45 kondisi terkendali

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa sampel telah berada diantara BKA=23.73 dan BKB=0, maka dapat dikatakan bahwa proses telah terkendali secara *mean*.



Gambar 4.6 Grafik kendali *Hotelling T^2* PRIMA 45 kondisi terkendali

2. Evaluasi *Hotelling T^2* Kertas PRIMA 48.8

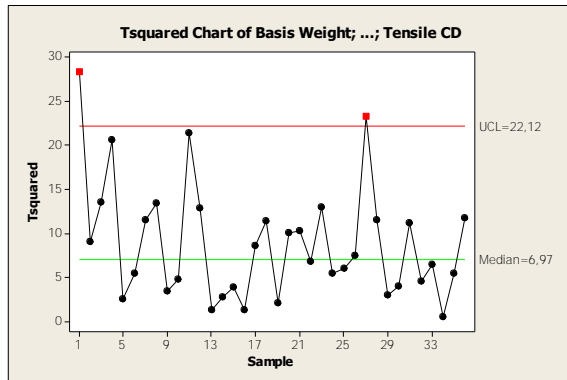
Pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa pada kertas PRIMA 48.8 Yellowish terdapat pengamatan yang *out of control* pada pengamatan ke-1, dan pengamatan ke-27. Penyebab terjadinya *out of control* adalah adanya variabel *Basis Weight* pada pengamatan

ke-1 juga *Tensile CD* pada pengamatan ke-1 dan ke-27 yang terlalu tinggi. Hasil sampel yang *out of control* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil sampel *Hotelling T²* pada PRIMA 48.8 yang *out of control*

Sampel yang out of control	Nilai T^2	P-value yang out of control				
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
1	28,33	0,0194	-	-	-	0,0473
27	23,24	-	-	-	-	0,0001

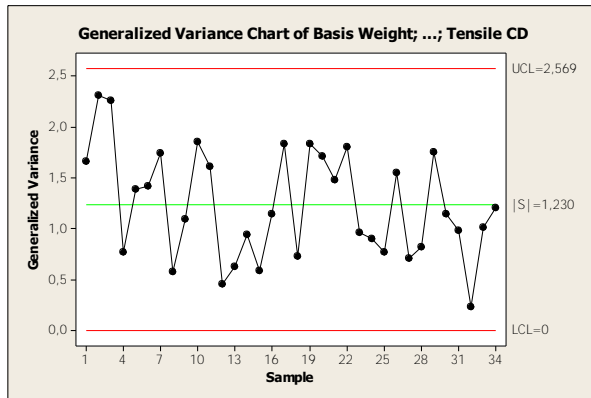
Apabila pengamatan yang *out of control* tetap dibiarkan, maka kualitas koran akan menjadi jelek. Sehingga perlu penanganan khusus yang menghilangkan titik-titik yang *out of control*.



Gambar 4.7 Grafik kendali *Hotelling T²* PRIMA 48.8 kondisi pertama

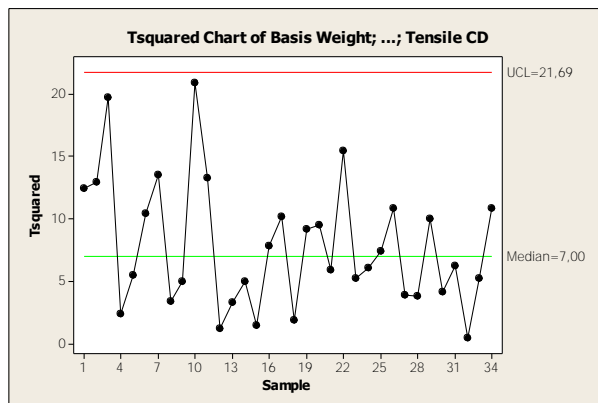
Setelah pengamatan *out of control* dihilangkan, kemudian dilakukan evaluasi generalized variance kembali. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah kertas PRIMA 45 sudah terkendali secara *variance*. Maka didapat peta kendali *Generalized Variance* seperti pada Gambar 4.8

Jika Peta kendali *Generalized Variance* pada kertas PRIMA 48.8 Yellowish terkendali secara *Variance*, maka dilakukan evaluasi *Hotelling T²* kembali dengan menggunakan data yang terkendali secara *variance* dan persamaan (2.9). Hasil peta kendali *Hotelling T²* untuk kertas PRIMA 48.8 Yellowish dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.8 Grafik kendali *Generalized Variance* PRIMA 48.8 kondisi terkendali

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa sampel telah berada diantara BKA=21.69 dan BKB=0, maka dapat dikatakan bahwa proses telah terkendali secara *mean*.



Gambar 4.9 Grafik kendali *Hotelling T²* PRIMA 48.8 kondisi terkendali

4.5 Indeks Kemampuan Proses

Setelah peta kendali Hotelling T^2 telah terkendali, selanjutnya dilakukan suatu analisis indeks kemampuan proses pada proses produksi Kertas, sesuai dengan data yang sudah terkendali secara *variance* dan *mean*.

4.5.1 Kemampuan Proses Kertas PRIMA 45 Yellowish

Untuk Kertas PRIMA 45 Yellowish, Berdasarkan persamaan (2.11), persamaan (2.12), persamaan (2.13), dan persamaan (2.14), maka diperoleh:

$$A_X = X_i^* X_i^* = \begin{bmatrix} X_{11}^* & X_{21}^* & \cdots & X_{n1}^* \\ X_{12}^* & X_{22}^* & \cdots & X_{n2}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{1q}^* & X_{2q}^* & \cdots & X_{nq}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{11}^* & X_{12}^* & \cdots & X_{1q}^* \\ X_{21}^* & X_{22}^* & \cdots & X_{2q}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1}^* & X_{n2}^* & \cdots & X_{nq}^* \end{bmatrix}$$

$$A_X = \begin{bmatrix} 95337,67 & 136282,89 & 14918,9 & 8764,99 & 3456,06 \\ 136282,89 & 194874,45 & 21325,97 & 12529,45 & 4939,03 \\ 14918,9 & 21325,97 & 2337,2 & 1371,1 & 540,65 \\ 8764,99 & 12529,45 & 1371,1 & 807,97 & 318,74 \\ 3456,06 & 4939,03 & 540,65 & 318,74 & 126 \end{bmatrix}$$

$$A_X^{-1} = \begin{bmatrix} 0,0525 & -0,0257 & -0,0709 & -0,0109 & -0,1001 \\ -0,0257 & 0,0186 & -0,0005 & -0,0485 & 0,1021 \\ -0,0709 & -0,0005 & 0,4009 & 0,1308 & -0,0869 \\ -0,0109 & -0,0485 & 0,1308 & 1,5030 & -2,1615 \\ -0,1001 & 0,1021 & -0,0869 & -2,1615 & 4,5910 \end{bmatrix}$$

$$f_X = [X_{11}^* - \bar{X}_1^* \quad \cdots \quad X_{n5}^* - \bar{X}_5^*] A_X^{-1} \begin{bmatrix} X_{11}^* - \bar{X}_1^* \\ \vdots \\ X_{15}^* - \bar{X}_5^* \end{bmatrix} + \dots +$$

$$[X_{n1}^* - \bar{X}_1^* \quad \cdots \quad X_{n5}^* - \bar{X}_5^*] A_X^{-1} \begin{bmatrix} X_{n1}^* - \bar{X}_1^* \\ \vdots \\ X_{n5}^* - \bar{X}_5^* \end{bmatrix}$$

$$f_X = 0,058474 + 0,21587 + 0,051711 + \dots + 0,155088$$

$$= 4$$

$$\varepsilon_{X_1} = \frac{1}{2} (46,35 + 43,65) = 45 \quad ; \quad \varepsilon_{X_2} = \frac{1}{2} (70 + 60) = 65$$

$$\varepsilon_{X_3} = 7 \quad ; \quad \varepsilon_{X_4} = 4 \quad ; \quad \varepsilon_{X_5} = 1,4$$

$$S_X^* = \begin{bmatrix} 0,05328 & 0,09896 & 0,01465 & -0,0057 & -0,00198 \\ 0,09896 & 1,53742 & 0,01919 & -0,00379 & -0,03137 \\ 0,01465 & 0,01919 & 0,06138 & -0,01107 & -0,00393 \\ -0,0057 & -0,00379 & -0,01107 & 0,04628 & 0,02168 \\ -0,00198 & -0,03137 & -0,00393 & 0,02168 & 0,01568 \end{bmatrix}$$

$$S_X^{*-1} = \begin{bmatrix} 23,4060 & -1,6524 & -4,5504 & 6,6864 & -10,7344 \\ -1,6524 & 0,8477 & 0,0084 & -2,3535 & 4,7432 \\ -4,5504 & 0,0084 & 18,1275 & 5,4193 & -3,5064 \\ 6,6864 & -2,3535 & 5,4193 & 70,0822 & -99,3919 \\ -10,7344 & 4,7432 & -3,5064 & -99,3919 & 208,4386 \end{bmatrix}$$

$$K_X^2 = [\bar{X}_1^* - \varepsilon_{X_1} \quad \cdots \quad \bar{X}_5^* - \varepsilon_{X_5}] S_X^{*-1} \begin{bmatrix} \bar{X}_1^* - \varepsilon_{X_1} \\ \vdots \\ \bar{X}_5^* - \varepsilon_{X_5} \end{bmatrix}$$

$$K_X^2 = \begin{bmatrix} 45,52 - 45 & 65,08 - 65 & 7,12 - 7 & 4,186 - 4 & 1,65 - 1,4 \\ 0,05328 & 0,09896 & 0,01465 & -0,0057 & -0,00198 \\ 0,09896 & 1,53742 & 0,01919 & -0,00379 & -0,03137 \\ 0,01465 & 0,01919 & 0,06138 & -0,01107 & -0,00393 \\ -0,0057 & -0,00379 & -0,01107 & 0,04628 & 0,02168 \\ -0,00198 & -0,03137 & -0,00393 & 0,02168 & 0,01568 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 45,52 - 45 \\ 65,08 - 65 \\ 7,12 - 7 \\ 4,186 - 4 \\ 1,65 - 1,4 \end{bmatrix}$$

$$K_X^2 = [0,52 \quad 0,08 \quad 0,12 \quad 0,186 \quad -0,25] \begin{bmatrix} 10,147 \\ -0,051 \\ -0,015 \\ -7,878 \\ 28,037 \end{bmatrix}$$

$$K_X^2 = 10,8772408$$

$$K_X = \sqrt{10,8772408}$$

$$K_X = 3,298066222$$

Sehingga, C_p yang dihasilkan berdasarkan persamaan (2.10)

$$C_p = \frac{3,298066}{0,317546} \left(\frac{(46-1)5}{4} \right)^{1/2} \\ = 77,89548078$$

Berdasarkan hasil, nilai C_p sebesar 77,89548078. hal ini menyatakan bahwa kemampuan proses produksi Kertas PRIMA 45 Yellowish telah berada diantara batas spesifikasi atas dan batas spesifikasi bawah yang diberikan oleh perusahaan atau dinyatakan kapabel.

4.5.2 Kemampuan Proses Kertas PRIMA 48.8 Yellowish

Untuk Kertas PRIMA 48.8 Yellowish, Berdasarkan persamaan (2.11), persamaan (2.12), persamaan (2.13), dan persamaan (2.14), maka diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{A}_Y &= \mathbf{Y}_t^{*'} \mathbf{Y}_t^* = \begin{bmatrix} Y_{11}^* & Y_{21}^* & \cdots & Y_{n1}^* \\ Y_{12}^* & Y_{22}^* & \cdots & Y_{n2}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{1q}^* & Y_{2q}^* & \cdots & Y_{nq}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{11}^* & Y_{12}^* & \cdots & Y_{1q}^* \\ Y_{21}^* & Y_{22}^* & \cdots & Y_{2q}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1}^* & Y_{n2}^* & \cdots & Y_{nq}^* \end{bmatrix} \\
 \mathbf{A}_Y &= \begin{bmatrix} 80725,96 & 114920,01 & 11653,72 & 7488,81 & 2998,64 \\ 114920,01 & 163717,02 & 16580,83 & 10655,83 & 4265,69 \\ 11653,72 & 16580,83 & 1687,84 & 1081,8 & 433,16 \\ 7488,81 & 10655,83 & 1081,8 & 697,84 & 279,57 \\ 2998,64 & 4265,69 & 433,16 & 279,57 & 112,25 \end{bmatrix} \\
 \mathbf{A}_Y^{-1} &= \begin{bmatrix} 0,0378 & -0,0184 & -0,0512 & -0,0232 & -0,0561 \\ -0,0184 & 0,0105 & 0,0162 & -0,0046 & 0,0406 \\ -0,0512 & 0,0162 & 0,2125 & -0,0645 & 0,0954 \\ -0,0232 & -0,0046 & -0,0645 & 1,1977 & -1,94 \\ -0,0561 & 0,0406 & 0,0954 & -1,94 & 8,0609 \end{bmatrix} \\
 f_Y &= [Y_{11}^* - \bar{Y}_1^* \quad \cdots \quad Y_{15}^* - \bar{Y}_5^*] \mathbf{A}_Y^{-1} \begin{bmatrix} Y_{11}^* - \bar{Y}_1^* \\ \vdots \\ Y_{15}^* - \bar{Y}_5^* \end{bmatrix} + \dots + \\
 &\quad [Y_{n1}^* - \bar{Y}_1^* \quad \cdots \quad Y_{n5}^* - \bar{Y}_5^*] \mathbf{A}_Y^{-1} \begin{bmatrix} Y_{n1}^* - \bar{Y}_1^* \\ \vdots \\ Y_{n5}^* - \bar{Y}_5^* \end{bmatrix} \\
 f_Y &= 0,150899 + 0,234468 + 0,39253 + \dots + 0,245344 \\
 &= 4 \\
 \mathbf{S}_Y^* &= \begin{bmatrix} 0,08387 & 0,14818 & 0,01904 & -0,04328 & -0,02497 \\ 0,14818 & 3,85750 & -0,24722 & -0,21359 & -0,12923 \\ 0,01904 & -0,24722 & 0,17028 & 0,01579 & 0,00499 \\ -0,04328 & -0,21359 & 0,01579 & 0,08555 & 0,03804 \\ -0,02497 & -0,12923 & 0,00499 & 0,03804 & 0,02406 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$S_Y^{*-1} = \begin{bmatrix} 18,9435 & -0,3017 & -3,2784 & 3,7437 & 12,7996 \\ -0,3017 & 0,3525 & 0,5057 & -0,0736 & 1,5916 \\ -3,2784 & 0,5057 & 7,1547 & -2,5320 & 1,8337 \\ 3,7437 & -0,0736 & -2,532 & 40,6736 & -60,2875 \\ 12,7996 & 1,5916 & 1,8337 & -60,2875 & 158,3238 \end{bmatrix}$$

$$\varepsilon_{Y_1} = \frac{1}{2} (50,264 + 47,336) = 48,8 \quad ; \quad \varepsilon_{Y_2} = \frac{1}{2} (75 + 65) = 70$$

$$\varepsilon_{Y_3} = 7 \quad ; \quad \varepsilon_{Y_4} = 4,15 \quad ; \quad \varepsilon_{Y_5} = 1,5$$

$$K_Y^2 = [\bar{Y}_1^* - \varepsilon_{Y_1} \quad \dots \quad \bar{Y}_5^* - \varepsilon_{Y_5}] S_Y^{*-1} \begin{bmatrix} \bar{Y}_1^* - \varepsilon_{Y_1} \\ \vdots \\ \bar{Y}_5^* - \varepsilon_{Y_5} \end{bmatrix}$$

$$K_Y^2 = [48,73 - 48,8 \quad 69,36 - 70 \quad 7,03 - 7 \quad 4,521 - 4,15 \quad 1,811 - 1,5]$$

$$\begin{bmatrix} 18,9435 & -0,3017 & -3,2784 & 3,7437 & 12,7996 \\ -0,3017 & 0,3525 & 0,5057 & -0,0736 & 1,5916 \\ -3,2784 & 0,5057 & 7,1547 & -2,5320 & 1,8337 \\ 3,7437 & -0,0736 & -2,532 & 40,6736 & -60,2875 \\ 12,7996 & 1,5916 & 1,8337 & -60,2875 & 158,3238 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 48,73 - 48,8 \\ 69,36 - 70 \\ 7,03 - 7 \\ 4,521 - 4,15 \\ 1,811 - 1,5 \end{bmatrix}$$

$$K_Y^2 = [-0,07 \quad -0,64 \quad 0,03 \quad 0,371 \quad 0,311] \begin{bmatrix} 4,041 \\ 0,283 \\ -0,206 \\ -3,938 \\ 24,886 \end{bmatrix}$$

$$K_Y^2 = 5,779792692$$

$$K_Y = \sqrt{5,779792692}$$

$$K_Y = 2,404119941$$

Sehingga, C_p yang dihasilkan berdasarkan persamaan (2.10)

$$C_p = \frac{2,40412}{0,317546} \left(\frac{(34-1)5}{4} \right)^{1/2}$$

$$= 48,62503274$$

Berdasarkan hasil, nilai C_p sebesar 48,62503274. Hal ini menyatakan bahwa kemampuan proses produksi Kertas PRIMA 48.8 Yellowish telah berada diantara batas spesifikasi atas dan batas spesifikasi bawah yang diberikan oleh perusahaan atau dinyatakan kapabel.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari analisis menggunakan grafik kendali *Hotelling T₂* diketahui bahwa masih terdapat variabel *Basis Weight*, *Thickness*, *Moisture*, dan *Tensile CD* pada Kertas koran PRIMA 45 dan 48.8 Yellowish yang diluar Batas Kendali Atas, sehingga dikatakan belum terkendali secara statistik.
2. Berdasarkan hasil analisis indeks kemampuan proses secara multivariat, diperoleh hasil nilai C_p lebih dari 1, yaitu pada Kertas PRIMA 45 Yellowish dengan $C_p = 77,895481$ dan pada Kertas PRIMA 48.8 Yellowish dengan $C_p = 48,62503$. Keduanya memiliki hasil nilai C_p yang tinggi, sehingga dapat menerangkan bahwa proses kapabel.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis, diberikan saran sebagai berikut:

1. Perusahaan menggunakan grafik kendali *Hotelling T²* dalam pengendalian kualitas karena dapat membantu apabila ada data yang *out of control*.
2. Dilakukan evaluasi kualitas setiap bulan, sehingga mengetahui apakah kualitas produksi naik atau turun.
3. Dilakukan analisis indeks kemampuan proses secara berkala, sehingga dapat diketahui bahwa proses produksi kertas koran tetap berada pada batas-batas kendali yang telah ditentukan perusahaan.

Halamai ini sengaja dikosongkan

**Lampiran A1 : Data awal variabel proses produksi kertas
PRIMA 58/45 Yellowish**

Sampel ke-i	Basis Weight (X_{i1})	Thickness (X_{i2})	Moisture (X_{i3})	Tensile MD (X_{i4})	Tensile CD (X_{i5})
1.	45,72	65,9	7,422	3,924	1,519
2.	45,63	68,3	6,783	4,11	1,571
3.	45,58	68,5	6,402	4,091	1,507
4.	45,24	65,6	7,274	4,005	1,492
5.	46,35	67,9	7,48	4,02	1,496
6.	45,47	64,3	7,036	3,881	1,459
7.	45,91	65,1	7,04	4,058	1,557
8.	45,36	64,5	7,189	3,719	1,407
9.	45,56	66	7,292	3,837	1,472
10.	45,33	65,4	7,414	4,132	1,644
11.	45,49	65	7,297	4,167	1,545
12.	45	67,8	6,685	4,213	1,155
13.	45,79	64,7	6,881	3,915	1,462
14.	45,51	66,6	6,841	4,167	1,652
15.	45,36	64,6	6,938	4,05	1,55
16.	45,31	65,9	7,306	3,992	1,543
17.	45,33	63,2	7,137	4,149	1,676
18.	45,48	63	6,979	4,544	1,883
19.	45,61	64,4	7,124	4,418	1,785
20.	45,64	64,4	7,147	4,334	1,722
21.	45,39	64,8	7,798	4,29	1,598
22.	45,54	64,7	7,275	4,352	1,756
23.	46,12	66,3	7,35	4,052	1,647
24.	45,04	64,5	6,807	4,118	1,481
25.	45,46	65,4	7,167	4,367	1,555

Lanjutan Lampiran A1

Sampel ke-i	Basis Weight (X_{i1})	Thickness (X_{i2})	Moisture (X_{i3})	Tensile MD (X_{i4})	Tensile CD (X_{i5})
26.	45,41	65,3	6,99	4,226	1,617
27.	45,74	63,2	7,275	3,995	1,637
28.	45,62	63,6	7,231	3,836	1,599
29.	45,37	63,9	7,057	4,15	1,68
30.	45,28	64,6	7,288	4,196	1,661
31.	45,59	66,8	7,271	3,992	1,599
32.	45,63	66,5	7,159	4,228	1,61
33.	45,76	64,3	7,21	4,35	1,64
34.	45,43	63,3	6,579	4,234	1,774
35.	45,47	65,1	6,969	4,331	1,737
36.	45,48	63,6	7,178	4,521	1,843
37.	45,43	65,9	7,167	4,521	1,784
38.	45,51	66,3	7,286	4,185	1,741
39.	45,43	66,3	6,992	4,552	1,78
40.	45,6	65,8	7,186	4,242	1,692
41.	45,65	64,3	7,447	4,36	1,929
42.	45,39	64,9	7,283	4,385	1,804
43.	45,56	65,6	6,839	4,65	1,89
44.	45,29	65,3	6,505	4,306	1,695
45.	45,27	65,3	6,619	4,4	1,721
46.	45,83	66,2	6,915	4,32	1,671
47.	45,38	64,8	7,197	4,023	1,766
48.	45,38	62,1	7,075	3,934	1,576

**Lampiran A2 : Data awal variabel proses produksi kertas
PRIMA 58/48.8 Yellowish**

Sampel ke-i	Basis Weight (Y_{i1})	Thickness (Y_{i2})	Moisture (Y_{i3})	Tensile MD (Y_{i4})	Tensile CD (Y_{i5})
1.	48,11	71,4	7,203	3,678	1,328
2.	48,51	71,6	7,058	4,219	1,528
3.	49,16	72,8	7,325	3,94	1,604
4.	48,88	74,5	6,196	4,594	1,658
5.	48,89	69,2	7,008	4,28	1,698
6.	49,01	69,6	7,198	4,05	1,667
7.	49,12	68,2	7,09	4,27	1,59
8.	48,85	71,1	6,53	3,905	1,603
9.	48,54	67,5	7,091	4,37	1,795
10.	49,21	70,1	6,955	4,39	1,731
11.	49,15	70,9	6,005	4,253	1,627
12.	48,73	71,5	6,45	3,946	1,687
13.	48,57	69,6	7,087	4,59	1,872
14.	48,75	70	6,906	4,567	1,947
15.	48,67	69	7,355	4,395	1,628
16.	48,76	69,4	6,651	4,625	1,858
17.	48,49	65,9	6,935	4,508	1,857
18.	48,49	65,3	7,167	4,745	1,983
19.	48,72	67,8	7,382	4,413	1,802
20.	48,27	69,7	6,74	4,981	2,057
21.	48,11	69,3	6,918	4,852	1,999
22.	48,51	66,7	7,269	4,806	1,963
23.	49,2	66,2	7,48	4,855	2,022
24.	48,45	69,4	7,293	4,802	1,918
25.	48,66	70,7	7,018	4,837	1,983

Lanjutan Lampiran A2

Sampel ke-i	Basis Weight (Y_{i1})	Thickness (Y_{i2})	Moisture (Y_{i3})	Tensile MD (Y_{i4})	Tensile CD (Y_{i5})
26.	49	71,6	7,519	4,451	1,846
27.	49,4	70,7	6,81	4,833	2,226
28.	48,43	70,1	7,005	4,936	2,077
29.	48,46	69,3	7,415	4,558	1,793
30.	48,78	68,3	7,471	4,677	1,94
31.	48,24	67	6,25	4,744	1,972
32.	48,53	69,7	6,843	4,929	1,937
33.	49,03	70,8	7,652	4,54	1,722
34.	48,64	69,5	6,811	4,483	1,792
35.	48,89	68,4	7,795	4,624	1,767
36.	48,98	67,7	7,288	4,587	1,635

Lampiran B1 : Program Macro Minitab Normal Multivariat

Macro

```

qq x.1-x.p
mconstant i n p t chis
mcolumn d x.1-x.p dd pi q ss tt
mmatrix s invv ma mb mc md
let n=count(x.1)
cova x.1-x.p s
invert s invv
do i=1:p
let x.i=x.i-mean(x.i)
enddo
do i=1:n
copy x.1-x.p ma;
use i.
transpose ma mb
multiply ma invv mc
multiply mc mb md
copy md tt
let t=tt(1)
let d(i)=t
enddo

set pi
1:n
end
let pi=(pi-0.5)/n
sort d dd
invcdf pi q;
chis p.
plot q*dd
invcdf 0.5 chis;
chis p.
let ss=dd<chis
let t=sum(ss)/n

```

```
print t
if  $t \geq 0.5$ 
  note distribusi data multinormal
endif
if  $t < 0.5$ 
  note distribusi data tidak multinormal
endif
endmacro
```


Lampiran B2 : Program Matlab Indeks Kemampuan Proses

```
%INDEKS KEMAMPUAN PROSES KERTAS KORAN%
clear all;
clc;
disp('Masukkan Jumlah Variabel')
v=input('Jumlah variabel: ');
disp(' ')
disp('.....')
for i=1:v
    disp ('Batas Spesifikasi'), disp (i)
    BSA=input ('BSA= ');
    BSB=input ('BSB= ');
    median = 0.5*(BSA+BSB);
    vecmed(1,i)= median;
    disp ('-----')
end
%MASUKKAN DATA
disp ('masukkan data')
disp ('-----')
% data=input ('nama data');
data=xlsread('Kertas45op.xlsx');
disp (' ')

%Menghitung Nilai S
disp ('jumlah data')
n=size (data,1)
format short
disp ('vektor mean data')
rata=mean (data)
disp ('varian-kovarian data')
varcov=cov (data)
disp ('invers varian-kovarian data')
invarcov=inv (varcov)
disp ('A')
A=data'*data
disp ('Invers A')
invA=inv (A)
```


50

```
D=0;
for i=1:n
    dtindv=data (i,:);
    dtmean=dtindv-rata;
    S(i)=dtmean*invA*dtmean';
    D=D+S(i);
end
disp ('S =');
disp (D)

%Menghitung Nilai K^2
ratarata= rata-vecmed;
k2=ratarata*invarcov*ratarata';
disp('K^2='); disp (k2)

%Menghitung Nilai CP
cs= chi2inv(1-0.9973,v)
teta2=(n-1)*v/D
cp=(sqrt(k2)/cs)*sqrt(teta2)

if cp>1
    disp ('Mesin Capable');
else
    disp ('Mesin Tidak Capable');
end
```

**Lampiran C1 : Hasil Nilai X_i^2 Untuk Korelasi Kertas PRIMA
58/45 Yellowish**

Sampel ke-i	Basis Weight (X_{i1}^2)	Thickness (X_{i2}^2)	Moisture (X_{i3}^2)	Tensile MD (X_{i4}^2)	Tensile CD (X_{i5}^2)
1	2090,3184	4342,81	55,0861	15,3978	2,3074
2	2082,0969	4664,89	46,0091	16,8921	2,4680
3	2077,5364	4692,25	40,9856	16,7363	2,2710
4	2046,6576	4303,36	52,9111	16,0400	2,2261
5	2148,3225	4610,41	55,9504	16,1604	2,2380
6	2067,5209	4134,49	49,5053	15,0622	2,1287
7	2107,7281	4238,01	49,5616	16,4674	2,4242
8	2057,5296	4160,25	51,6817	13,8310	1,9796
9	2075,7136	4356	53,1733	14,7226	2,1668
10	2054,8089	4277,16	54,9674	17,0734	2,7027
11	2069,3401	4225	53,2462	17,3639	2,3870
12	2025	4596,84	44,6892	17,7494	1,3340
13	2096,7241	4186,09	47,3482	15,3272	2,1374
14	2071,1601	4435,56	46,7993	17,3639	2,7291
15	2057,5296	4173,16	48,1358	16,4025	2,4025
16	2052,9961	4342,81	53,3776	15,9361	2,3808
17	2054,8089	3994,24	50,9368	17,2142	2,8090
18	2068,4304	3969	48,7064	20,6479	3,5457
19	2080,2721	4147,36	50,7514	19,5187	3,1862
20	2083,0096	4147,36	51,0796	18,7836	2,9653
21	2060,2521	4199,04	60,8088	18,4041	2,5536
22	2073,8916	4186,09	52,9256	18,9399	3,0835
23	2127,0544	4395,69	54,0225	16,4187	2,7126
24	2028,6016	4160,25	46,3352	16,9579	2,1934
25	2066,6116	4277,16	51,3659	19,0707	2,4180

Lanjutan Lampiran C1

Sampel ke-i	Basis Weight (X_{i1}^2)	Thickness (X_{i2}^2)	Moisture (X_{i3}^2)	Tensile MD (X_{i4}^2)	Tensile CD (X_{i5}^2)
26	2062,0681	4264,09	48,8601	17,8591	2,6147
27	2092,1476	3994,24	52,9256	15,9600	2,6798
28	2081,1844	4044,96	52,2874	14,7149	2,5568
29	2058,4369	4083,21	49,8012	17,2225	2,8224
30	2050,2784	4173,16	53,1149	17,6064	2,7589
31	2078,4481	4462,24	52,8674	15,9361	2,5568
32	2082,0969	4422,25	51,2513	17,8760	2,5921
33	2093,9776	4134,49	51,9841	18,9225	2,6896
34	2063,8849	4006,89	43,2832	17,9268	3,1471
35	2067,5209	4238,01	48,5670	18,7576	3,0172
36	2068,4304	4044,96	51,5237	20,4394	3,3966
37	2063,8849	4342,81	51,3659	20,4394	3,1827
38	2071,1601	4395,69	53,0858	17,5142	3,0311
39	2063,8849	4395,69	48,8881	20,7207	3,1684
40	2079,36	4329,64	51,6386	17,9946	2,8629
41	2083,9225	4134,49	55,4578	19,0096	3,7210
42	2060,2521	4212,01	53,0421	19,2282	3,2544
43	2075,7136	4303,36	46,7719	21,6225	3,5721
44	2051,1841	4264,09	42,3150	18,5416	2,8730
45	2049,3729	4264,09	43,8112	19,3600	2,9618
46	2100,3889	4382,44	47,8172	18,6624	2,7922
47	2059,3444	4199,04	51,7968	16,1845	3,1188
48	2059,3444	3856,41	50,0556	15,4764	2,4838
$\sum_{i=1}^n X_i^2$	99440,2022	204163,54	2422,8721	842,4571	129,6051

**Lampiran C2 : Hasil Nilai Y_i^2 Untuk Korelasi Kertas PRIMA
58/48.8 Yellowish**

Sampel ke-i	Basis Weight (Y_{i1}^2)	Thickness (Y_{i2}^2)	Moisture (Y_{i3}^2)	Tensile MD (Y_{i4}^2)	Tensile CD (Y_{i5}^2)
1	2314,5721	5097,96	51,8832	13,5277	1,7636
2	2353,2201	5126,56	49,8154	17,8000	2,3348
3	2416,7056	5299,84	53,6556	15,5236	2,5728
4	2389,2544	5550,25	38,3904	21,1048	2,7490
5	2390,2321	4788,64	49,1121	18,3184	2,8832
6	2401,9801	4844,16	51,8112	16,4025	2,7789
7	2412,7744	4651,24	50,2681	18,2329	2,5281
8	2386,3225	5055,21	42,6409	15,2490	2,5696
9	2356,1316	4556,25	50,2823	19,0969	3,2220
10	2421,6241	4914,01	48,3720	19,2721	2,9964
11	2415,7225	5026,81	36,0600	18,0880	2,6471
12	2374,6129	5112,25	41,6025	15,5709	2,8460
13	2359,0449	4844,16	50,2256	21,0681	3,5044
14	2376,5625	4900	47,6928	20,8575	3,7908
15	2368,7689	4761	54,0960	19,3160	2,6504
16	2377,5376	4816,36	44,2358	21,3906	3,4522
17	2351,2801	4342,81	48,0942	20,3221	3,4484
18	2351,2801	4264,09	51,3659	22,5150	3,9323
19	2373,6384	4596,84	54,4939	19,4746	3,2472
20	2329,9929	4858,09	45,4276	24,8104	4,2312
21	2314,5721	4802,49	47,8587	23,5419	3,9960
22	2353,2201	4448,89	52,8384	23,0976	3,8534
23	2420,64	4382,44	55,9504	23,5710	4,0885
24	2347,4025	4816,36	53,1878	23,0592	3,6787
25	2367,7956	4998,49	49,2523	23,3966	3,9323

Lanjutan Lampiran C2

Sampel ke-i	Basis Weight (Y_{i1}^2)	Thickness (Y_{i2}^2)	Moisture (Y_{i3}^2)	Tensile MD (Y_{i4}^2)	Tensile CD (Y_{i5}^2)
26	2401	5126,56	56,5354	19,8114	3,4077
27	2440,36	4998,49	46,3761	23,3579	4,9551
28	2345,4649	4914,01	49,0700	24,3641	4,3139
29	2348,3716	4802,49	54,9822	20,7754	3,2148
30	2379,4884	4664,89	55,8158	21,8743	3,7636
31	2327,0976	4489	39,0625	22,5055	3,8888
32	2355,1609	4858,09	46,8266	24,2950	3,7520
33	2403,9409	5012,64	58,5531	20,6116	2,9653
34	2365,8496	4830,25	46,3897	20,0973	3,2113
35	2390,2321	4678,56	60,7620	21,3814	3,1223
36	2399,0404	4583,29	53,1149	21,0406	2,6732
$\sum_{i=1}^n Y_i^2$	85480,8945	173813,47	1786,1017	734,7219	118,9652

Lampiran C3 : Hasil Nilai $X_{ij} \cdot X_{ik}$ Untuk Korelasi Kertas PRIMA 58/45 Yellowish

No. Sampel	$X_1 \cdot X_2$	$X_1 \cdot X_3$	$X_1 \cdot X_4$	$X_1 \cdot X_5$	$X_2 \cdot X_3$	$X_2 \cdot X_4$	$X_2 \cdot X_5$	$X_3 \cdot X_4$	$X_3 \cdot X_5$	$X_4 \cdot X_5$
1	3012,948	339,3338	179,4053	69,4487	489,1098	238,5916	100,1021	29,1239	11,2740	5,9606
2	3116,529	309,5083	187,5393	71,6847	463,2789	280,7130	107,2993	27,8781	10,6561	6,4568
3	3122,230	291,8032	186,4678	68,6891	438,5370	280,2335	103,2295	26,1906	9,6478	6,1651
4	2967,744	329,0758	181,1862	67,4981	477,1744	262,7280	97,8752	29,1324	10,8528	5,9755
5	3147,165	346,6980	186,3270	69,3396	507,8920	272,9580	101,5784	30,0696	11,1901	6,0139
6	2923,721	319,9269	176,4691	66,3407	452,4148	249,5483	93,8137	27,3067	10,2655	5,6624
7	2988,741	323,2064	186,3028	71,4819	458,3040	264,1758	101,3607	28,5683	10,9613	6,3183
8	2925,720	326,0930	168,6938	63,8215	463,6905	239,8755	90,7515	26,7359	10,1149	5,2326
9	3006,960	332,2235	174,8137	67,0643	481,2720	253,2420	97,1520	27,9794	10,7338	5,6481
10	2964,582	336,0766	187,3036	74,5225	484,8756	270,2328	107,5176	30,6346	12,1886	6,7930
11	2956,850	331,9405	189,5568	70,2821	474,3050	270,8550	100,4250	30,4066	11,2739	6,4380
12	3051,000	300,8250	189,5850	51,9750	455,2430	285,6414	78,3090	28,1639	7,7212	4,8660
13	2962,613	315,0810	179,2679	66,9450	445,2007	253,3005	94,5914	26,9391	10,0600	5,7237
14	3030,966	311,3339	189,6402	75,1825	455,6106	277,5222	110,0232	28,5064	11,3013	6,8839
15	2930,256	314,7077	183,7080	70,3080	448,1948	261,6300	101,1300	28,0989	10,7539	6,2775
16	2985,929	331,0349	180,8775	69,9133	481,4654	263,0728	101,6837	29,1656	11,2732	6,1597
17	2864,856	323,5202	188,0742	75,9731	451,0584	262,2168	105,9232	29,6114	11,9616	6,9537
18	2865,240	317,4049	206,6611	85,6388	439,6770	286,2720	118,6290	31,7126	13,1415	8,5564
19	2937,284	324,9256	201,5050	81,4139	458,7856	284,5192	114,9540	31,4738	12,7163	7,8861
20	2939,216	326,1891	197,8038	78,5921	460,2668	279,1096	110,8968	30,9751	12,3071	7,4631
21	2941,272	353,9512	194,7231	72,5332	505,3104	277,9920	103,5504	33,4534	12,4612	6,8554
22	2946,438	331,3035	198,1901	79,9682	470,6925	281,5744	113,6132	31,6608	12,7749	7,6421
23	3057,756	338,9820	186,8782	75,9596	487,3050	268,6476	109,1961	29,7822	12,1055	6,6736
24	2905,080	306,5873	185,4747	66,7042	439,0515	265,6110	95,5245	28,0312	10,0812	6,0988
25	2973,084	325,8118	198,5238	70,6903	468,7218	285,6018	101,6970	31,2983	11,1447	6,7907

Lanjutan Lampiran C3

No. Sampel	$X_1 \cdot X_2$	$X_1 \cdot X_3$	$X_1 \cdot X_4$	$X_1 \cdot X_5$	$X_2 \cdot X_3$	$X_2 \cdot X_4$	$X_2 \cdot X_5$	$X_3 \cdot X_4$	$X_3 \cdot X_5$	$X_4 \cdot X_5$
26	2965,273	317,4159	191,9027	73,4280	456,4470	275,9578	105,5901	29,5397	11,3028	6,8334
27	2890,768	332,7585	182,7313	74,8764	459,7800	252,4840	103,4584	29,0636	11,9092	6,5398
28	2901,432	329,8782	174,9983	72,9464	459,8916	243,9696	101,6964	27,7381	11,5624	6,1338
29	2899,143	320,1761	188,2855	76,2216	450,9423	265,1850	107,3520	29,2866	11,8558	6,9720
30	2925,088	330,0006	189,9949	75,2101	470,8048	271,0616	107,3006	30,5804	12,1054	6,9696
31	3045,412	331,4849	181,9953	72,8984	485,7028	266,6656	106,8132	29,0258	11,6263	6,3832
32	3034,395	326,6652	192,9236	73,4643	476,0735	281,1620	107,0650	30,2683	11,5260	6,8071
33	2942,368	329,9296	199,0560	75,0464	463,6030	279,7050	105,4520	31,3635	11,8244	7,1340
34	2875,719	298,8840	192,3506	80,5928	416,4507	268,0122	112,2942	27,8555	11,6711	7,5111
35	2960,097	316,8804	196,9306	78,9814	453,6819	281,9481	113,0787	30,1827	12,1052	7,5229
36	2892,528	326,4554	205,6151	83,8196	456,5208	287,5356	117,2148	32,4517	13,2291	8,3322
37	2993,837	325,5968	205,3890	81,0471	472,3053	297,9339	117,5656	32,4020	12,7859	8,0655
38	3017,313	331,5859	190,4594	79,2329	483,0618	277,4655	115,4283	30,4919	12,6849	7,2861
39	3012,009	317,6466	206,7974	80,8654	463,5696	301,7976	118,0140	31,8276	12,4458	8,1026
40	3000,480	327,6816	193,4352	77,1552	472,8388	279,1236	111,3336	30,4830	12,1587	7,1775
41	2935,295	339,9556	199,0340	88,0589	478,8421	280,3480	124,0347	32,4689	14,3653	8,4104
42	2945,811	330,5754	199,0352	81,8836	472,6667	284,5865	117,0796	31,9360	13,1385	7,9105
43	2988,736	311,5848	211,8540	86,1084	448,6384	305,0400	123,9840	31,8014	12,9257	8,7885
44	2957,437	294,6115	195,0187	76,7666	424,7765	281,1818	110,6835	28,0105	11,0260	7,2987
45	2956,131	299,6421	199,1880	77,9097	432,2207	287,3200	112,3813	29,1236	11,3913	7,5724
46	3033,946	316,9145	197,9856	76,5819	457,7730	285,9840	110,6202	29,8728	11,5550	7,2187
47	2940,624	326,5999	182,5637	80,1411	466,3656	260,6904	114,4368	28,9535	12,7099	7,1046
48	2818,098	321,0635	178,5249	71,5189	439,3575	244,3014	97,8696	27,8331	11,1502	6,2000
$\sum_{i=1}^n X_{ij} \cdot X_{ik}$	136697,398	14863,8677	8779,9582	3425,0654	21312,0288	12590,3322	4908,2667	1368,6727	534,1570	316,4650

Lampiran C4 : Hasil Nilai $Y_{ij} \cdot Y_{ik}$ Untuk Korelasi kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish

No. Sampel	$Y_1 \cdot Y_2$	$Y_1 \cdot Y_3$	$Y_1 \cdot Y_4$	$Y_1 \cdot Y_5$	$Y_2 \cdot Y_3$	$Y_2 \cdot Y_4$	$Y_2 \cdot Y_5$	$Y_3 \cdot Y_4$	$Y_3 \cdot Y_5$	$Y_4 \cdot Y_5$
1	3435,054	346,5363	176,9486	63,8901	514,2942	262,6092	94,8192	26,4926	9,5656	4,8844
2	3473,316	342,3836	204,6637	74,1233	505,5528	302,0804	109,4048	29,7777	10,7846	6,4466
3	3578,848	360,0970	193,6904	78,8526	533,2600	286,8320	116,7712	28,8605	11,7493	6,3198
4	3641,56	302,8605	224,5547	81,0430	461,6020	342,2530	123,5210	28,4644	10,2730	7,6169
5	3383,188	342,6211	209,2492	83,0152	484,9536	296,1760	117,5016	29,9942	11,8996	7,2674
6	3411,096	352,7740	198,4905	81,6997	500,9808	281,8800	116,0232	29,1519	11,9991	6,7514
7	3349,984	348,2608	209,7424	78,1008	483,5380	291,2140	108,4380	30,2743	11,2731	6,7893
8	3473,235	318,9905	190,7593	78,3066	464,2830	277,6455	113,9733	25,4997	10,4676	6,2597
9	3276,45	344,1971	212,1198	87,1293	478,6425	294,9750	121,1625	30,9877	12,7283	7,8442
10	3449,621	342,2556	216,0319	85,1825	487,5455	307,7390	121,3431	30,5325	12,0391	7,5991
11	3484,735	295,1458	209,0350	79,9671	425,7545	301,5377	115,3543	25,5393	9,7701	6,9196
12	3484,195	314,3085	192,2886	82,2075	461,1750	282,1390	120,6205	25,4517	10,8812	6,6569
13	3380,472	344,2156	222,9363	90,9230	493,2552	319,4640	130,2912	32,5293	13,2669	8,5925
14	3412,5	336,6675	222,6413	94,9163	483,4200	319,6900	136,2900	31,5397	13,4460	8,8919
15	3358,23	357,9679	213,9047	79,2348	507,4950	303,2550	112,3320	32,3252	11,9739	7,1551
16	3383,944	324,3028	225,5150	90,5961	461,5794	320,9750	128,9452	30,7609	12,3576	8,5933
17	3195,491	336,2782	218,5929	90,0459	457,0165	297,0772	122,3763	31,2630	12,8783	8,3714
18	3166,397	347,5278	230,0851	96,1557	468,0051	309,8485	129,4899	34,0074	14,2122	9,4093
19	3303,216	359,6510	215,0014	87,7934	500,4996	299,2014	122,1756	32,5768	13,3024	7,9522
20	3364,419	325,3398	240,4329	99,2914	469,7780	347,1757	143,3729	33,5719	13,8642	10,2459
21	3334,023	332,8250	233,4297	96,1719	479,4174	336,2436	138,5307	33,5661	13,8291	9,6991
22	3235,617	352,6192	233,1391	95,2251	484,8423	320,5602	130,9321	34,9348	14,2690	9,4342
23	3257,04	368,0160	238,8660	99,4824	495,1760	321,4010	133,8564	36,3154	15,1246	9,8168
24	3362,43	353,3459	232,6569	92,9271	506,1342	333,2588	133,1092	35,0210	13,9880	9,2102
25	3440,262	341,4959	235,3684	96,4928	496,1726	341,9759	140,1981	33,9461	13,9167	9,5918

Lanjutan Lampiran C4

No. Sampel	$Y_1 \cdot Y_2$	$Y_1 \cdot Y_3$	$Y_1 \cdot Y_4$	$Y_1 \cdot Y_5$	$Y_2 \cdot Y_3$	$Y_2 \cdot Y_4$	$Y_2 \cdot Y_5$	$Y_3 \cdot Y_4$	$Y_3 \cdot Y_5$	$Y_4 \cdot Y_5$
26	3508,4	368,4310	218,0990	90,4540	538,3604	318,6916	132,1736	33,4671	13,8801	8,2165
27	3492,58	336,4140	238,7502	109,9644	481,4670	341,6931	157,3782	32,9127	15,1591	10,7583
28	3394,943	339,2522	239,0505	100,5891	491,0505	346,0136	145,5977	34,5767	14,5494	10,2521
29	3358,278	359,3309	220,8807	86,8888	513,8595	315,8694	124,2549	33,7976	13,2951	8,1725
30	3331,674	364,4354	228,1441	94,6332	510,2693	319,4391	132,5020	34,9419	14,4937	9,0734
31	3232,08	301,5000	228,8506	95,1293	418,7500	317,8480	132,1240	29,6500	12,3250	9,3552
32	3382,541	332,0908	239,2044	94,0026	476,9571	343,5513	135,0089	33,7291	13,2549	9,5475
33	3471,324	375,1776	222,5962	84,4297	541,7616	321,4320	121,9176	34,7401	13,1767	7,8179
34	3380,48	331,2870	218,0531	87,1629	473,3645	311,5685	124,5440	30,5337	12,2053	8,0335
35	3344,076	381,0976	226,0674	86,3886	533,1780	316,2816	120,8628	36,0441	13,7738	8,1706
36	3315,946	356,9662	224,6713	80,0823	493,3976	310,5399	110,6895	33,4301	11,9159	7,4997
$\sum_{i=1}^n Y_{ij} \cdot Y_{ik}$	121847,65	12336,6658	7904,5108	3172,4984	17576,5887	11260,1352	4517,8855	1141,2071	457,8882	295,2161

Lampiran C5 : Tabel Nilai d_i^2 Pada Uji Normal Multivariat Kertas PRIMA 58/45 Yellowish

No	$x_1 - \bar{x}$	$x_2 - \bar{x}$	$x_3 - \bar{x}$	$x_4 - \bar{x}$	$x_5 - \bar{x}$	$N^{-1}(x_1 - \bar{x})$	$N^{-1}(x_2 - \bar{x})$	$N^{-1}(x_3 - \bar{x})$	$N^{-1}(x_4 - \bar{x})$	$N^{-1}(x_5 - \bar{x})$	d_i^2
1	0.205	0.6958	0.3224	-0.2602	-0.1181	1.5559	0.3784	3.7783	-4.3632	-0.8597	3,037116
2	0.1115	3,0958	-0.3166	-0.0742	-0.0661	-0.5085	1.9340	-4,0969	-7,5267	11,3878	7,032056
3	0.065	3,2958	-0.6976	-0.0932	-0.1301	0.8935	1.6894	-9,6539	-7,2944	7,7378	12,034112
4	-0.275	0.3958	0.1744	-0.1792	-0.1451	-7,0689	0.5396	4.1236	-3.3839	-1.2804	3,668783
5	0.835	2,6958	0.3804	-0.1642	-0.1411	14,2068	0.5786	3.2837	4.9206	-12,71	15,656751
6	-0.045	-0.9042	-0.0636	-0.3032	-0.1781	0.9887	-0.8824	-1.9614	-3.6231	-7,8286	3,370878
7	0.395	-0.1042	-0.0596	-0.1262	-0.0801	9.9545	-0.9008	-3.1895	2.6217	-10,7204	4,743675
8	-0.155	-0.7042	0.0894	-0.4652	-0.2301	-3.4291	-0.3410	0.5560	-10,0723	-1,6752	5,892488
9	0.045	0.7958	0.1924	-0.3472	-0.1651	-1,7655	0.6240	2.3036	-8.7321	2.8135	3,427720
10	-0.185	0.1958	0.3144	-0.0522	0.0069	-6,9212	0.7945	5.7463	-4.2676	7.6302	3,518087
11	-0.025	-0.2042	0.1974	-0.0172	-0.0921	0.4424	-0.4608	3.5383	6.4024	-13,0342	1,871451
12	-0.515	2,5958	-0.4146	0.0288	-0.4821	-4,5781	0.1163	-0.3411	19.6772	-42,2657	23,743154
13	0.275	-0.5042	-0.2186	-0.2692	-0.1751	8.9004	-1.2533	-5.6379	-0.1632	-13.2006	6,667175
14	-0.005	1,3958	-0.2586	-0.0172	0.0149	-1,7133	1.1045	-3.5625	-6.6870	11,8851	2,763933
15	-0.155	-0.6042	-0.1616	-0.1342	-0.0871	-1,5786	-0.4364	-2.4195	-2.7310	-2,3431	1,469965
16	-0.205	0.6958	0.2064	-0.1922	-0.0941	-7,2460	0.9758	4.1409	-7.2925	6.6262	3,797249
17	-0.185	-2,0042	0.0374	-0.0352	0.0389	-2,2949	-0.9712	0.0937	-1.5681	0.6496	2,455065
18	-0.035	-2,2042	-0.1206	0.3598	0.2459	2.5691	-1.3287	-2.2550	7.9146	-0.4985	5,835860
19	0.095	-0.8042	0.0244	0.2338	0.1479	3.1092	-0.5728	-0.0059	6.2424	-1.4887	1,995059
20	0.125	-0.8042	0.0474	0.1498	0.0849	4.0311	-0.7409	0.0919	6.2207	-5.2578	1,589370
21	-0.125	-0.4042	0.6984	0.1058	-0.0391	-3,7040	-0.2082	12.3336	11.6409	-15,4165	10,994660
22	0.025	-0.5042	0.1754	0.1678	0.1189	0.0715	-0.1309	2.7159	3.7841	1.1692	1,318050
23	0.605	1,0958	0.2504	-0.1322	0.0099	9.4921	0.3463	0.9234	-2.7043	2.6926	6,737581
24	-0.475	-0.7042	-0.2926	-0.0662	-0.1561	-6,1716	-0.5683	-2,3397	1.6919	-9.8835	5,446926

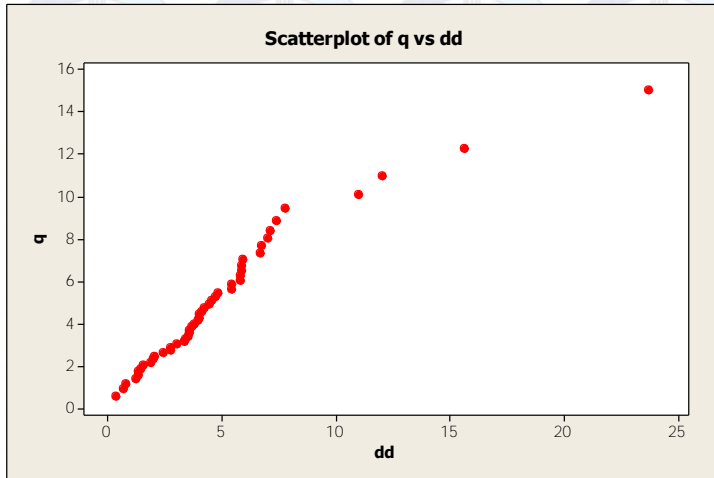
Lanjutan Lampiran C5

No	$x_1 - \bar{x}$	$x_2 - \bar{x}$	$x_3 - \bar{x}$	$x_4 - \bar{x}$	$x_5 - \bar{x}$	$N^{-1}(x_1 - \bar{x})$	$N^{-1}(x_2 - \bar{x})$	$N^{-1}(x_3 - \bar{x})$	$N^{-1}(x_4 - \bar{x})$	$N^{-1}(x_5 - \bar{x})$	d^2_i
25	-0,055	0,1958	0,0674	0,1828	-0,0821	1,6952	-0,5884	2,7772	14,8908	-21,6580	4,478318
26	-0,105	0,0958	-0,1096	0,0418	-0,0201	-1,2376	-0,0090	-0,8896	1,7132	-2,4231	0,348870
27	0,225	-2,0042	0,1754	-0,1892	-0,0001	5,7512	-1,4290	-0,2824	-2,3053	-3,2737	4,544960
28	0,105	-1,6042	0,1314	-0,3482	-0,0381	1,4712	-0,7472	-0,8264	-11,1175	6,8027	4,856693
29	-0,145	-1,3042	-0,0426	-0,0342	0,0429	-2,2212	-0,5052	-1,0360	-3,4328	4,40	1,331535
30	-0,235	-0,6042	0,1884	0,0118	0,0239	-5,7611	0,1130	3,7974	-1,1107	3,0934	2,061832
31	0,075	1,5958	0,1714	-0,1922	-0,0381	-3,1348	1,4934	2,4154	-10,2858	13,6537	4,019116
32	0,115	1,2958	0,0594	0,0438	-0,0271	1,2391	0,6183	1,4190	2,6854	-2,3948	1,210455
33	0,245	-0,9042	0,1104	0,1658	0,0029	8,5234	-1,4613	0,9437	14,4572	-20,8106	5,849817
34	-0,085	-1,9042	-0,5206	0,0498	0,1369	1,5840	-1,0394	-9,3332	-5,3606	9,6732	7,761247
35	-0,045	-0,1042	-0,1306	0,1468	0,0999	-0,6179	0,0979	-1,6632	0,5875	4,9268	0,813369
36	-0,035	-1,6042	0,0784	0,3368	0,2059	1,1275	-0,9035	1,3246	8,8714	-2,2625	4,035710
37	-0,085	0,6958	0,0674	0,3368	0,1469	-2,7191	0,6942	2,8666	6,6545	2,7810	3,557033
38	-0,005	1,0958	0,1864	0,0008	0,1039	-4,9407	1,5215	3,0876	-8,6240	19,1986	4,255681
39	-0,085	1,0958	-0,1076	0,3678	0,1429	-2,1256	0,8259	0,4427	6,7870	3,1123	3,979019
40	0,085	0,5958	0,0864	0,0578	0,0549	0,1116	0,5243	1,3126	-0,5065	4,7251	0,665458
41	0,135	-0,9042	0,3474	0,1758	0,2919	-0,8561	0,3448	3,9433	-4,2450	19,2899	5,827307
42	-0,125	-0,3042	0,1834	0,2008	0,1669	-4,4241	0,4597	3,6145	0,3261	9,5667	2,738306
43	0,045	0,3958	-0,2606	0,4658	0,2529	1,7506	0,3123	-3,0363	7,2409	6,1645	5,925580
44	-0,225	0,0958	-0,5946	0,1218	0,0579	-2,3721	0,1609	-8,0568	-2,8348	7,6866	5,439868
45	-0,245	0,0958	-0,4806	0,2158	0,0839	-2,8783	0,1642	-5,7756	1,0167	4,8468	4,122944
46	0,315	0,9958	-0,1846	0,1358	0,0339	7,4340	0,0136	-3,4483	5,4140	-4,5276	3,573529
47	-0,135	-0,4042	0,0974	-0,1612	0,1289	-7,3031	1,0247	0,5673	-17,5627	28,5494	7,138753
48	-0,135	-3,1042	-0,0246	-0,2502	-0,0611	0,6685	-1,9712	-2,3302	-3,9662	-5,2544	7,399433

Lampiran C6 : Hasil d_i^2 Pada $\chi^2_{(q,\alpha)}$ Untuk Uji normal Multivariat kertas PRIMA 58/45 Yellowish

Sampel	d_i^2	Hasil	Sampel	d_i^2	Hasil
1	3,0371	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$	25	4,4783	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$
2	7,0321	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$	26	0,3469	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
3	12,0341	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$	27	4,5450	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$
4	3,6688	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$	28	4,8567	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$
5	15,6568	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$	29	1,3315	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
6	3,3709	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$	30	2,0618	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
7	4,7437	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$	31	4,0191	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
8	5,8925	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$	32	1,2105	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
9	3,4277	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$	33	5,8498	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$
10	3,5181	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$	34	7,7612	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$
11	1,8715	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$	35	0,8134	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
12	23,7432	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$	36	4,0357	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
13	6,6672	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$	37	3,5570	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
14	2,7639	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$	38	4,2557	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
15	1,4700	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$	39	3,9790	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
16	3,7972	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$	40	0,6655	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
17	2,4551	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$	41	5,8273	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$
18	5,8359	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$	42	2,7383	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
19	1,9951	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$	43	5,9256	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$
20	1,5894	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$	44	5,4399	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$
21	10,9947	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$	45	4,1229	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
22	1,3180	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$	46	3,5735	$\leq \chi^2_{(q,\alpha)}$
23	6,7376	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$	47	7,1388	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$
24	5,4469	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$	48	7,3994	$> \chi^2_{(q,\alpha)}$

Lampiran C7 : Hasil Uji Normal Multivariat Kertas PRIMA 58/45 Yellowish Pada Program Minitab



Data Display

t 0,562500

distribusi data multinormal|

Lampiran C8 : Tabel Nilai d_i^2 Untuk Uji Normal Multivariat Kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish

No	$y_1 - \bar{y}$	$y_2 - \bar{y}$	$y_3 - \bar{y}$	$y_4 - \bar{y}$	$y_5 - \bar{y}$	$N^{-1}(O_1 - \bar{y})$	$N^{-1}(O_2 - \bar{y})$	$N^{-1}(O_3 - \bar{y})$	$N^{-1}(O_4 - \bar{y})$	$N^{-1}(O_5 - \bar{y})$	d_i^2
1	-0.6175	1.9417	0.1705	-0.8285	-0.4807	-8.3842	0.3765	2.5232	-7.3337	-3.3096	13.925357
2	-0.2175	2.1417	0.0255	-0.2875	-0.2807	-2.9247	0.5178	0.8316	4.2614	-13.1247	4.2792389
3	0.4325	3.3417	0.2925	-0.5665	-0.2047	1.7945	0.8609	3.4092	-8.9699	11.1811	7.3726803
4	0.1525	5.0417	-0.8365	0.0875	-0.1507	1.9260	1.1548	-4.4875	15.2936	-22.3616	14.601647
5	0.1625	-0.2583	-0.0245	-0.2265	-0.1107	1.5895	-0.3263	-0.6161	-1.9431	-1.2816	0.9643447
6	0.2825	0.1417	0.1655	-0.4565	-0.1417	1.7422	-0.2036	1.1198	-9.0821	8.9981	3.4814744
7	0.3925	-1.2583	0.0575	-0.2365	-0.2187	4.8281	-0.8481	-1.4301	4.3151	-15.1570	5.3814057
8	0.1225	1.6417	-0.5025	-0.6015	-0.2057	0.1889	-0.0490	-2.6148	-9.9604	8.6948	5.2742017
9	-0.1875	-1.9583	0.0585	-0.1365	-0.0137	-1.7605	-0.6321	-0.1061	-5.7187	5.3070	2.2305058
10	0.4825	0.6417	-0.0775	-0.1165	-0.0777	4.9963	-0.1061	-1.0668	1.9320	-4.5473	2.631326
11	0.4225	1.4417	-1.0275	-0.2535	-0.1817	5.4382	-0.4310	-7.5479	4.5181	-12.6769	10.57199
12	0.0025	2.0417	-0.5825	-0.5605	-0.1217	-1.3998	0.1956	-2.4568	-13.3405	16.8233	6.9659615
13	-0.1575	0.1417	0.0545	0.0835	0.0633	-1.8308	0.2236	0.8351	-1.0191	3.8741	0.4794584
14	0.0225	0.5417	-0.1265	0.0605	0.1383	-0.2360	0.2750	-0.0741	-5.0599	12.6172	1.4548873
15	-0.0575	-0.4583	0.3225	-0.1115	-0.1807	-0.4456	-0.1817	1.4614	4.9314	-13.4245	2.6230147
16	0.0325	-0.0583	-0.3815	0.1185	0.0493	1.1342	-0.1620	-2.8039	2.7786	-3.1323	1.2700761
17	-0.2375	-3.5583	-0.0975	0.0015	0.0483	-1.2231	-1.1764	-1.9737	-3.9694	2.4729	4.7671181
18	-0.2375	-4.1583	0.1345	0.2385	0.1743	-1.0660	-1.0940	-0.5179	-2.4962	4.3170	4.9100564
19	-0.0075	-1.6583	0.3495	-0.0935	-0.0067	-0.2499	-0.4284	1.7978	-4.3635	4.6106	1.7495292
20	-0.4575	0.2417	-0.2925	0.4745	0.2483	-4.0412	0.4596	-1.0567	3.4108	3.1101	4.5409696
21	-0.6175	-0.1583	-0.1145	0.3455	0.1903	-6.0597	0.3904	0.2248	0.6172	4.9140	4.6758121
22	-0.2175	-2.7583	0.2365	0.2995	0.1543	-1.2368	-0.5588	0.6790	1.1197	0.4007	2.4235649
23	0.4725	-3.2583	0.4475	0.3485	0.2133	5.9646	-0.8298	1.0905	1.6659	1.7324	7.1331131
24	-0.2775	-0.0583	0.2605	0.2955	0.1093	-2.7882	0.3939	2.1400	3.7195	-1.3793	2.2845049

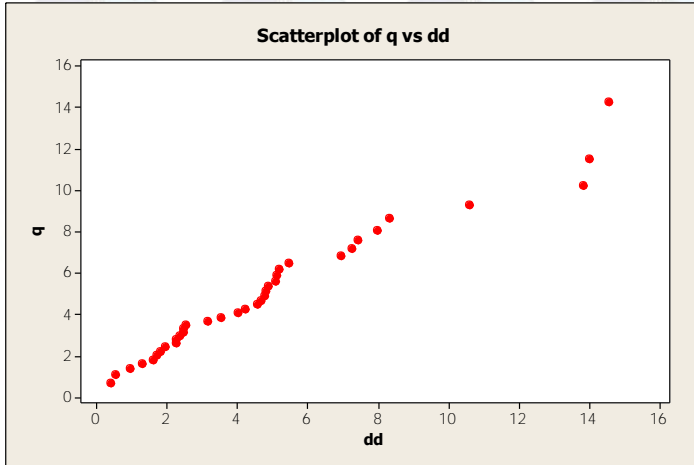
Lanjutan Lampiran C8

No	$y_1 - \bar{y}$	$y_2 - \bar{y}$	$y_3 - \bar{y}$	$y_4 - \bar{y}$	$y_5 - \bar{y}$	$N^{-1}(O_1 - \bar{y})$	$N^{-1}(O_2 - \bar{y})$	$N^{-1}(O_3 - \bar{y})$	$N^{-1}(O_4 - \bar{y})$	$N^{-1}(O_5 - \bar{y})$	d^2
25	-0,0675	1,2417	-0,0145	0,3305	0,1743	-0,8274	0,7047	0,8122	2,9914	3,2112	2,4206133
26	0,2725	2,1417	0,4865	-0,0555	0,0373	0,9724	0,9430	4,5025	-3,9991	10,9825	5,0827222
27	0,6725	1,2417	-0,2225	0,3265	0,4173	6,2421	0,5576	-0,5106	-7,8247	27,3196	13,64624
28	-0,2975	0,6417	-0,0275	0,4295	0,2683	-3,1349	0,6919	1,0057	0,5837	9,0262	3,9024569
29	-0,2675	-0,1583	0,3825	0,0515	-0,0157	-3,1134	0,2438	2,8410	1,0485	-1,6864	2,0050816
30	0,0525	-1,1583	0,4385	0,1705	0,1313	0,3673	-0,0349	2,7284	-1,7905	6,4685	1,8380072
31	-0,4875	-2,4583	-0,7825	0,2375	0,1633	-3,0252	-0,8823	-5,8338	-0,5087	1,4079	8,167212
32	-0,1975	0,2417	-0,1895	0,4225	0,1283	-1,0056	0,2741	-1,2071	8,9468	-8,7591	3,1862348
33	0,3025	1,3417	0,6195	0,0335	-0,0867	2,3480	0,5992	4,1519	6,2278	-8,9688	5,2689549
34	-0,0875	0,0417	-0,2215	-0,0235	-0,0167	-0,6356	-0,0887	-1,4585	0,2060	-1,2836	0,3567376
35	0,1625	-1,0583	0,7625	0,1175	-0,0417	1,6771	-0,0648	4,1566	5,7021	-9,6029	4,5809235
36	0,2525	-1,7583	0,2555	0,0805	-0,1737	4,1790	-0,7642	-0,5480	13,1102	-26,7737	7,9643963

Lampiran C9 : Nilai d_i^2 Pada $\chi_{(q,\alpha)}^2$ Untuk Uji Normal Multivariat kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish

Sampel	d_i^2	Hasil	Sampel	d_i^2	Hasil
1	14,0051	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$	19	1,7179	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$
2	4,2250	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$	20	4,6598	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$
3	7,4431	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$	21	4,8029	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$
4	14,5775	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$	22	2,3681	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$
5	0,9396	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$	23	6,9602	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$
6	3,5197	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$	24	2,2567	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$
7	5,1739	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$	25	2,4677	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$
8	5,4592	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$	26	5,1070	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$
9	2,2697	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$	27	13,8501	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$
10	2,5534	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$	28	4,0217	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$
11	10,5893	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$	29	1,9614	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$
12	7,2571	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$	30	1,8003	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$
13	0,5258	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$	31	8,3176	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$
14	1,5922	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$	32	3,1498	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$
15	2,4559	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$	33	5,0725	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$
16	1,2907	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$	34	0,3915	$\leq \chi_{(q,\alpha)}^2$
17	4,7825	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$	35	4,5809	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$
18	4,8898	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$	36	7,9644	$> \chi_{(q,\alpha)}^2$

Lampiran C10 : Hasil Pengujian Normal Multivariat kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish



Data Display

t 0,500000

distribusi data multinormal

**Lampiran C11 : Data Terkendali Pada Variabel Proses
Produksi Kertas PRIMA 58/45 Yellowish**

Sampel terkendali	Basis Weight (X_{i1}^*)	Thickness (X_{i2}^*)	Moisture (X_{i3}^*)	Tensile MD (X_{i4}^*)	Tensile CD (X_{i5}^*)
1.	45,72	65,9	7,422	3,924	1,519
2.	45,63	68,3	6,783	4,11	1,571
3.	45,24	65,6	7,274	4,005	1,492
4.	46,35	67,9	7,48	4,02	1,496
5.	45,47	64,3	7,036	3,881	1,459
6.	45,91	65,1	7,04	4,058	1,557
7.	45,36	64,5	7,189	3,719	1,407
8.	45,56	66	7,292	3,837	1,472
9.	45,33	65,4	7,414	4,132	1,644
10.	45,49	65	7,297	4,167	1,545
11.	45,79	64,7	6,881	3,915	1,462
12.	45,51	66,6	6,841	4,167	1,652
13.	45,36	64,6	6,938	4,05	1,55
14.	45,31	65,9	7,306	3,992	1,543
15.	45,33	63,2	7,137	4,149	1,676
16.	45,48	63	6,979	4,544	1,883
17.	45,61	64,4	7,124	4,418	1,785
18.	45,64	64,4	7,147	4,334	1,722
19.	45,39	64,8	7,798	4,29	1,598
20.	45,54	64,7	7,275	4,352	1,756
21.	46,12	66,3	7,35	4,052	1,647
22.	45,04	64,5	6,807	4,118	1,481
23.	45,46	65,4	7,167	4,367	1,555
24.	45,41	65,3	6,99	4,226	1,617
25.	45,74	63,2	7,275	3,995	1,637

Lanjutan Lampiran C11

Sampel terkendali	Basis Weight (X_{i1}^*)	Thickness (X_{i2}^*)	Moisture (X_{i3}^*)	Tensile MD (X_{i4}^*)	Tensile CD (X_{i5}^*)
26.	45,62	63,6	7,231	3,836	1,599
27.	45,37	63,9	7,057	4,15	1,68
28.	45,28	64,6	7,288	4,196	1,661
29.	45,59	66,8	7,271	3,992	1,599
30.	45,63	66,5	7,159	4,228	1,61
31.	45,76	64,3	7,21	4,35	1,64
32.	45,43	63,3	6,579	4,234	1,774
33.	45,47	65,1	6,969	4,331	1,737
34.	45,48	63,6	7,178	4,521	1,843
35.	45,43	65,9	7,167	4,521	1,784
36.	45,51	66,3	7,286	4,185	1,741
37.	45,43	66,3	6,992	4,552	1,78
38.	45,6	65,8	7,186	4,242	1,692
39.	45,65	64,3	7,447	4,36	1,929
40.	45,39	64,9	7,283	4,385	1,804
41.	45,56	65,6	6,839	4,65	1,89
42.	45,29	65,3	6,505	4,306	1,695
43.	45,27	65,3	6,619	4,4	1,721
44.	45,83	66,2	6,915	4,32	1,671
45.	45,38	64,8	7,197	4,023	1,766
46.	45,38	62,1	7,075	3,934	1,576

**Lampiran C12 : Data Terkendali Pada Variabel Proses Produksi
Kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish**

Sampel terkendali	Basis Weight (Y_{i1}^*)	Thickness (Y_{i2}^*)	Moisture (Y_{i3}^*)	Tensile MD (Y_{i4}^*)	Tensile CD (Y_{i5}^*)
1.	48,51	71,6	7,058	4,219	1,528
2.	49,16	72,8	7,325	3,94	1,604
3.	48,88	74,5	6,196	4,594	1,658
4.	48,89	69,2	7,008	4,28	1,698
5.	49,01	69,6	7,198	4,05	1,667
6.	49,12	68,2	7,09	4,27	1,59
7.	48,85	71,1	6,53	3,905	1,603
8.	48,54	67,5	7,091	4,37	1,795
9.	49,21	70,1	6,955	4,39	1,731
10.	49,15	70,9	6,005	4,253	1,627
11.	48,73	71,5	6,45	3,946	1,687
12.	48,57	69,6	7,087	4,59	1,872
13.	48,75	70	6,906	4,567	1,947
14.	48,67	69	7,355	4,395	1,628
15.	48,76	69,4	6,651	4,625	1,858
16.	48,49	65,9	6,935	4,508	1,857
17.	48,49	65,3	7,167	4,745	1,983
18.	48,72	67,8	7,382	4,413	1,802
19.	48,27	69,7	6,74	4,981	2,057
20.	48,11	69,3	6,918	4,852	1,999
21.	48,51	66,7	7,269	4,806	1,963
22.	49,2	66,2	7,48	4,855	2,022
23.	48,45	69,4	7,293	4,802	1,918
24.	48,66	70,7	7,018	4,837	1,983
25.	49	71,6	7,519	4,451	1,846

Lanjutan Lampiran C12

Sampel terkendali	Basis Weight (Y_{i1}^*)	Thickness (Y_{i2}^*)	Moisture (Y_{i3}^*)	Tensile MD (Y_{i4}^*)	Tensile CD (Y_{i5}^*)
26.	48,43	70,1	7,005	4,936	2,077
27.	48,46	69,3	7,415	4,558	1,793
28.	48,78	68,3	7,471	4,677	1,94
29.	48,24	67	6,25	4,744	1,972
30.	48,53	69,7	6,843	4,929	1,937
31.	49,03	70,8	7,652	4,54	1,722
32.	48,64	69,5	6,811	4,483	1,792
33.	48,89	68,4	7,795	4,624	1,767
34.	48,98	67,7	7,288	4,587	1,635

Lampiran C13: Hasil Nilai f_X Pada Indeks Kemampuan Proses Kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish

Sampel Terkendali	$X_1^* - \bar{X}^*$	$X_2^* - \bar{X}^*$	$X_3^* - \bar{X}^*$	$X_4^* - \bar{X}^*$	$X_5^* - \bar{X}^*$	$A_X^{-1}(X_1^* - \bar{X}^*)$	$A_X^{-1}(X_2^* - \bar{X}^*)$	$A_X^{-1}(X_3^* - \bar{X}^*)$	$A_X^{-1}(X_4^* - \bar{X}^*)$	$A_X^{-1}(X_5^* - \bar{X}^*)$	f_X
1	0.1952	0.8239	0.2982	-0.2616	-0.1314	-0.0161	0.0094	0.0825	-0.1123	0.0010	0.016117
2	0.1052	3.2239	-0.3408	-0.0756	-0.0794	-0.0445	0.0529	-0.1488	-0.1443	0.1473	0.102531
3	-0.2848	0.5239	0.1502	-0.1806	-0.1584	-0.0212	0.0096	0.0703	0.0682	-0.2678	0.127923
4	0.8252	2.8239	0.3562	-0.1656	-0.1544	-0.0373	0.0233	0.0746	-0.0147	-0.1760	0.018906
5	-0.0548	-0.7761	-0.0878	-0.3046	-0.1914	0.0458	-0.0177	-0.0541	-0.0173	-0.2864	0.018317
6	0.3852	0.0239	-0.0838	-0.1276	-0.0934	0.0363	-0.0128	-0.0695	-0.0062	-0.1818	0.091280
7	-0.1648	-0.5761	0.0652	-0.4666	-0.2434	0.0310	-0.0087	-0.0018	-0.1369	-0.1568	0.031837
8	0.0352	0.9239	0.1682	-0.3486	-0.1784	-0.0122	0.0149	0.0344	-0.1616	0.0108	0.089700
9	-0.1948	0.3239	0.2902	-0.0536	-0.0064	-0.0379	0.0128	0.1235	-0.0424	0.1139	0.179626
10	-0.0348	-0.0761	0.1732	-0.0186	-0.1054	-0.0014	-0.0105	0.0787	0.2266	-0.4630	0.018070
11	0.2652	-0.3761	-0.2428	-0.2706	-0.1884	0.0626	-0.0198	-0.1349	-0.0159	-0.3239	0.093893
12	-0.0148	1.5239	-0.2828	-0.0186	0.0016	-0.0199	0.0299	-0.1157	-0.1422	0.2293	0.077367
13	-0.1648	-0.4761	-0.1858	-0.1356	-0.1004	0.0283	-0.0082	-0.0716	0.0138	-0.1838	0.097796
14	-0.2148	0.8239	0.1822	-0.1936	-0.1074	-0.0325	0.0192	0.0718	-0.0727	0.0153	0.095653
15	-0.1948	-1.8761	0.0132	-0.0366	0.0256	0.0349	-0.0255	0.0131	-0.0155	0.0234	0.012596
16	-0.0448	-2.0761	-0.1448	0.3584	0.2326	0.0341	-0.0310	-0.0271	0.1182	0.0982	0.206046
17	0.0852	-0.6761	0.0002	0.2324	0.1346	0.0058	-0.0123	0.0131	0.0902	0.0381	0.055880
18	0.1152	-0.6761	0.0232	0.1484	0.0716	0.0130	-0.0154	0.0147	0.1028	-0.0746	0.122242
19	-0.1348	-0.2761	0.6742	0.1044	-0.0524	-0.0436	-0.0124	0.2982	0.3732	-0.5395	0.134744
20	0.0152	-0.3761	0.1512	0.1664	0.1056	-0.0126	-0.0047	0.0723	0.0597	0.0721	0.099104
21	0.5952	1.2239	0.2262	-0.1336	-0.0034	-0.0145	0.0135	0.0307	-0.2298	0.3190	0.035916
22	-0.4848	-0.5761	-0.3168	-0.0676	-0.1694	0.0295	-0.0121	-0.0865	0.2563	-0.6143	0.173878
23	-0.0648	0.3239	0.0432	0.1814	-0.0954	-0.0072	-0.0109	0.0537	0.4694	-0.7942	0.155088

Lanjutan Lampiran C13

Sampel Terkendali	$X_1^* - \bar{X}^*$	$X_2^* - \bar{X}^*$	$X_3^* - \bar{X}^*$	$X_4^* - \bar{X}^*$	$X_5^* - \bar{X}^*$	$A_X^{-1}(X_1^* - \bar{X}^*)$	$A_X^{-1}(X_2^* - \bar{X}^*)$	$A_X^{-1}(X_3^* - \bar{X}^*)$	$A_X^{-1}(X_4^* - \bar{X}^*)$	$A_X^{-1}(X_5^* - \bar{X}^*)$	f_X
24	-0,1148	0,2239	-0,1338	0,0404	-0,0334	0,0006	0,0018	-0,0374	0,1058	-0,1946	0,016117
25	0,2152	-1,8761	0,1512	-0,1906	-0,0134	0,0522	-0,0326	0,0226	-0,1490	0,1242	0,102531
26	0,0952	-1,4761	0,1072	-0,3496	-0,0514	0,0443	-0,0182	-0,0042	-0,3297	0,3501	0,127923
27	-0,1548	-1,1761	-0,0668	-0,0356	0,0296	0,0243	-0,0131	-0,0224	-0,0675	0,1141	0,018906
28	-0,2448	-0,4761	0,1642	0,0104	0,0106	-0,0134	-0,0021	0,0839	0,0399	-0,0121	0,018317
29	0,0652	1,7239	0,1472	-0,1936	-0,0514	-0,0441	0,0344	0,0326	-0,2451	0,3393	0,091280
30	0,1052	1,4239	0,0352	0,0424	-0,0404	-0,0300	0,0175	0,0150	0,0853	-0,1452	0,031837
31	0,2352	-0,7761	0,0862	0,1644	-0,0104	0,0254	-0,0296	0,0407	0,3159	-0,5134	0,089700
32	-0,0948	-1,7761	-0,5448	0,0484	0,1236	0,0664	-0,0200	-0,2152	-0,1784	0,3383	0,179626
33	-0,0548	0,0239	-0,1548	0,1454	0,0866	-0,0028	0,0037	-0,0467	0,0105	0,1047	0,018070
34	-0,0448	-1,4761	0,0542	0,3354	0,1926	0,0088	-0,0229	0,0528	0,1670	0,0083	0,093893
35	-0,0948	0,8239	0,0432	0,3354	0,1336	-0,0463	0,0151	0,0558	0,1820	-0,0217	0,077367
36	-0,0148	1,2239	0,1622	-0,0006	0,0906	-0,0528	0,0323	0,0575	-0,2348	0,5297	0,097796
37	-0,0948	1,2239	-0,1318	0,3664	0,1296	-0,0441	0,0207	-0,0101	0,1949	-0,0510	0,095653
38	0,0752	0,7239	0,0622	0,0564	0,0416	-0,0239	0,0130	0,0230	-0,0330	0,1301	0,012596
39	0,1252	-0,7761	0,3232	0,1744	0,2786	-0,0262	0,0022	0,1197	-0,2615	0,7823	0,206046
40	-0,1348	-0,1761	0,1592	0,1994	0,1536	-0,0314	0,0061	0,0862	-0,0015	0,2559	0,055880
41	0,0352	0,5239	-0,2848	0,4644	0,2396	-0,0205	0,0109	-0,0770	0,1170	0,1710	0,122242
42	-0,2348	0,2239	-0,6188	0,1204	0,0446	0,0200	0,0092	-0,2197	-0,0047	0,0447	0,134744
43	-0,2548	0,2239	-0,5048	0,2144	0,0706	0,0072	0,0078	-0,1625	0,0955	-0,0470	0,099104
44	0,3052	1,1239	-0,2088	0,1344	0,0206	-0,0016	0,0087	-0,0901	0,0723	-0,0935	0,035916
45	-0,1448	-0,2761	0,0732	-0,1626	0,1156	-0,0155	0,0183	0,0084	-0,4697	0,8622	0,173878
46	-0,1448	-2,9761	-0,0488	-0,2516	-0,0744	0,0826	-0,0469	-0,0342	-0,0777	-0,0829	0,155088

Lampiran C14: Hasil Nilai f_Y Pada Indeks Kemampuan Proses Kertas PRIMA 58/48.8 Yellowish

Sampel Terkendali	$Y_1 - \bar{Y}^*$	$Y_2 - \bar{Y}^*$	$Y_3 - \bar{Y}^*$	$Y_4 - \bar{Y}^*$	$Y_5 - \bar{Y}^*$	$A_T^{-1}(V_1^* - \bar{Y}^*)$	$A_T^{-1}(V_2^* - \bar{X}^*)$	$A_T^{-1}(V_3^* - \bar{Y}^*)$	$A_T^{-1}(V_4^* - \bar{Y}^*)$	$A_T^{-1}(V_5^* - \bar{Y}^*)$	f_Y
1	-0.2159	2.2353	0.024	-0.3022	-0.2825	-0.0276	0.0178	0.0448	0.1793	-0.5602	0.150899
2	0.4341	3.4353	0.291	-0.5812	-0.2065	-0.0366	0.0271	0.1129	-0.3401	0.3555	0.234468
3	0.1541	5.1353	-0.838	0.0728	-0.1525	-0.0388	0.0311	-0.1223	0.4100	-0.6971	0.392530
4	0.1641	-0.1647	-0.026	-0.2412	-0.1125	0.0225	-0.0086	-0.0118	-0.0720	-0.0489	0.028286
5	0.2841	0.2353	0.164	-0.4712	-0.1435	0.0170	-0.0038	0.0408	-0.3042	0.2876	0.112701
6	0.3941	-1.1647	0.056	-0.2512	-0.2205	0.0517	-0.0264	-0.0319	0.1195	-0.5536	0.141368
7	0.1241	1.7353	-0.504	-0.6162	-0.2075	0.0245	0.0022	-0.0655	-0.3138	0.2915	0.172827
8	-0.1859	-1.8647	0.057	-0.1512	-0.0155	0.0287	-0.0152	-0.0002	-0.1418	0.1648	0.041910
9	0.4841	0.7353	-0.079	-0.1312	-0.0795	0.0163	-0.0051	-0.0288	-0.0124	-0.1026	0.016252
10	0.4241	1.5353	-1.029	-0.2682	-0.1835	0.0571	-0.0145	-0.2158	0.0842	-0.3523	0.266086
11	0.0041	2.1353	-0.584	-0.5752	-0.1235	0.0111	0.0106	-0.0645	-0.4216	0.5994	0.228771
12	-0.1559	0.2353	0.053	0.0688	0.0615	-0.0180	0.0084	0.0245	-0.0378	0.1623	0.013449
13	0.0241	0.6353	-0.128	0.0458	0.1365	-0.0129	0.0095	-0.0081	-0.2052	0.5280	0.069428
14	-0.0559	-0.3647	0.321	-0.1262	-0.1825	0.0013	-0.0045	0.0559	0.1852	-0.5448	0.095551
15	0.0341	0.0353	-0.383	0.1038	0.0475	0.0152	-0.0050	-0.0847	0.0559	-0.0280	0.037263
16	-0.2359	-3.4647	-0.099	-0.0132	0.0465	0.0576	-0.0318	-0.0596	-0.0783	0.0948	0.107833
17	-0.2359	-4.0647	0.133	0.2238	0.1725	0.0441	-0.0303	-0.0233	-0.0510	0.1910	0.131200
18	-0.0059	-1.5647	0.348	-0.1082	-0.0085	0.0137	-0.0106	0.0551	-0.1282	0.1422	0.048329
19	-0.4559	0.3353	-0.294	0.4598	0.2465	-0.0328	0.0151	-0.0398	0.1005	0.2111	0.129956
20	-0.6159	-0.0647	-0.116	0.3308	0.1885	-0.0344	0.0149	0.0025	0.0526	0.2141	0.077688
21	-0.2159	-2.6647	0.235	0.2848	0.1525	0.0136	-0.0154	0.0141	0.0474	0.0494	0.062410
22	0.4741	-3.1647	0.446	0.3338	0.2115	0.0337	-0.0278	0.0180	-0.0357	0.1769	0.137338
23	-0.2759	0.0353	0.259	0.2808	0.1075	-0.0369	0.0127	0.0619	0.1173	-0.0270	0.056700

Lanjutan Lampiran C14

Sampel Terkendali	$Y_1^* - \bar{Y}^*$	$Y_2^* - \bar{Y}^*$	$Y_3^* - \bar{Y}^*$	$Y_4^* - \bar{Y}^*$	$Y_5^* - \bar{Y}^*$	$A_V^{-1}(Y_1^* - \bar{Y}^*)$	$A_V^{-1}(Y_2^* - \bar{X}^*)$	$A_V^{-1}(Y_3^* - \bar{Y}^*)$	$A_V^{-1}(Y_4^* - \bar{Y}^*)$	$A_V^{-1}(Y_5^* - \bar{Y}^*)$	f_Y
24	-0,0659	1,3353	-0,016	0,3158	0,1725	-0,0432	0,0206	0,0176	0,0400	0,2078	0,078488
25	0,2741	2,2353	0,485	-0,0702	0,0355	-0,0560	0,0281	0,1330	-0,2008	0,4150	0,140760
26	-0,2959	0,7353	-0,029	0,4148	0,2665	-0,0478	0,0216	0,0196	-0,0148	0,4195	0,135104
27	-0,2659	-0,0647	0,381	0,0368	-0,0175	-0,0283	0,0095	0,0895	0,0599	-0,1003	0,044960
28	0,0541	-1,0647	0,437	0,1558	0,1295	-0,0116	-0,0006	0,0752	-0,0892	0,2668	0,053529
29	-0,4859	2,3647	-0,784	0,2228	0,1615	0,0510	-0,0231	-0,1789	0,0262	0,1397	0,198390
30	-0,1959	0,3353	-0,191	0,4078	0,1265	-0,0204	0,0073	-0,0394	0,2583	-0,2244	0,090913
31	0,3041	1,4353	0,618	0,0188	-0,0885	-0,0420	0,0158	0,1293	0,1407	-0,3285	0,121525
32	-0,0859	0,1353	-0,223	-0,0382	-0,0185	0,0076	-0,0012	-0,0401	0,0059	-0,0189	0,008254
33	0,1641	-0,9647	0,761	0,1028	-0,0435	-0,0150	-0,0031	0,1269	0,1591	-0,3680	0,129509
34	0,2541	-1,6647	0,254	0,0658	-0,1755	0,0355	-0,0255	-0,0069	0,4047	-0,9628	0,245344

Lampiran C15: Hasil Program Matlab Indeks Kemampuan Proses Kertas PRIMA 45 Yellowish

```

MATLAB 7.8.0 (R2009a)
File Edit Debug Parallel Desktop Window Help
E:\Tugas\Tugas Akhir\Wilmot Wonka
Shortcuts How to Add What's New

Masukkan Jumlah Variabel
Jumlah variabel: 5

.....
Batas Spesifikasi
1

BSA= 46.35
BSB= 43.65
-----
Batas Spesifikasi
2

BSA= 70
BSB= 60
-----
Batas Spesifikasi
3

BSA= 8
BSB= 6
-----
Batas Spesifikasi
4

BSA= 5
BSB= 3
-----
Batas Spesifikasi
5

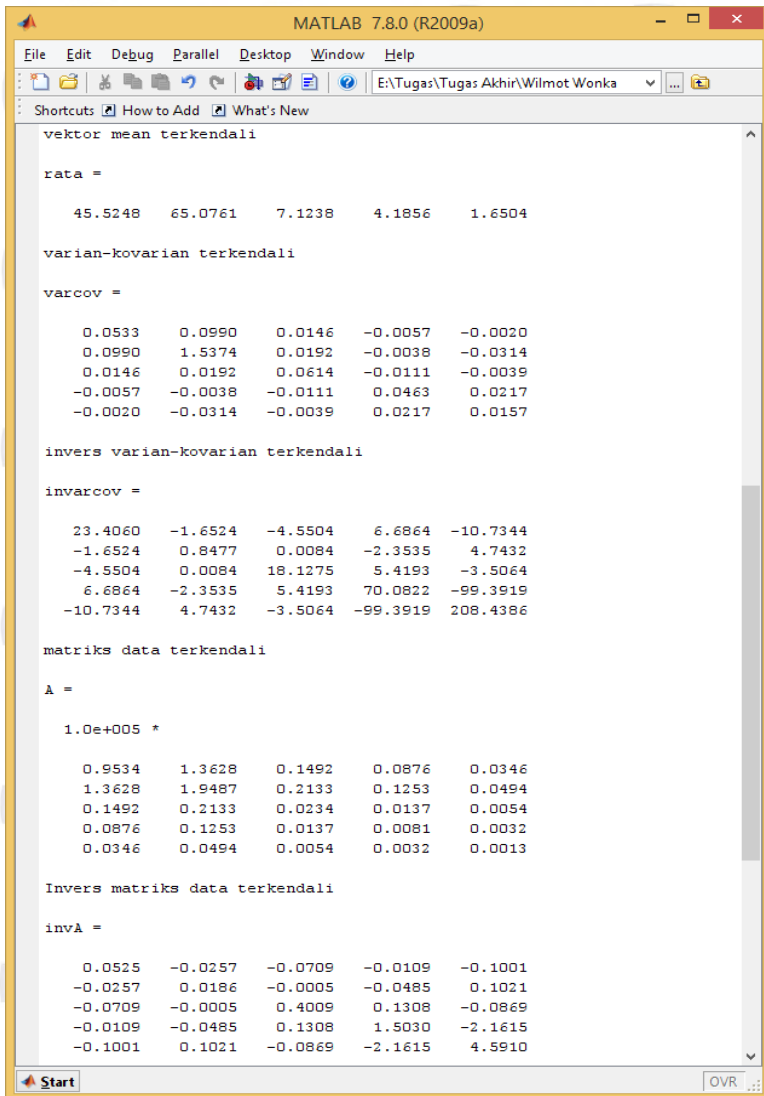
BSA= 2
BSB= 0.8
-----
masukkan data
-----

jumlah data terkendali

n =

46
  
```

Lanjutan Lampiran C15



```

MATLAB 7.8.0 (R2009a)
File Edit Debug Parallel Desktop Window Help
E:\Tugas\Tugas Akhir\Wilmot Wonka
Shortcuts How to Add What's New

vektor mean terkendali

rata =

    45.5248    65.0761    7.1238    4.1856    1.6504

varian-kovarian terkendali

varcov =

    0.0533    0.0990    0.0146   -0.0057   -0.0020
    0.0990    1.5374    0.0192   -0.0038   -0.0314
    0.0146    0.0192    0.0614   -0.0111   -0.0039
   -0.0057   -0.0038   -0.0111    0.0463    0.0217
   -0.0020   -0.0314   -0.0039    0.0217    0.0157

invers varian-kovarian terkendali

invarcov =

    23.4060   -1.6524   -4.5504    6.6864   -10.7344
   -1.6524    0.8477    0.0084   -2.3535    4.7432
   -4.5504    0.0084   18.1275    5.4193   -3.5064
    6.6864   -2.3535    5.4193   70.0822   -99.3919
   -10.7344    4.7432   -3.5064   -99.3919   208.4386

matriks data terkendali

A =

1.0e+005 *

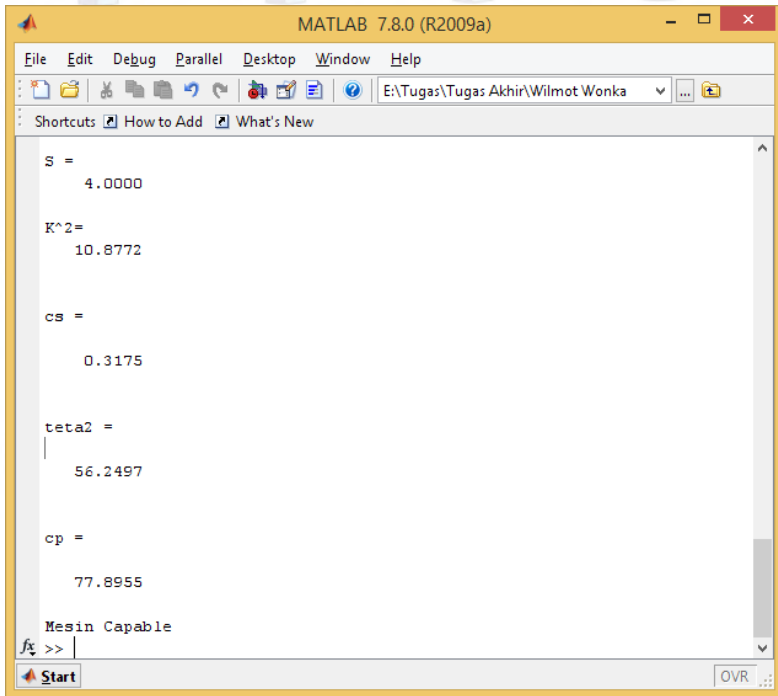
    0.9534    1.3628    0.1492    0.0876    0.0346
    1.3628    1.9487    0.2133    0.1253    0.0494
    0.1492    0.2133    0.0234    0.0137    0.0054
    0.0876    0.1253    0.0137    0.0081    0.0032
    0.0346    0.0494    0.0054    0.0032    0.0013

Invers matriks data terkendali

invA =

    0.0525   -0.0257   -0.0709   -0.0109   -0.1001
   -0.0257    0.0186   -0.0005   -0.0485    0.1021
   -0.0709   -0.0005    0.4009    0.1308   -0.0869
   -0.0109   -0.0485    0.1308    1.5030   -2.1615
   -0.1001    0.1021   -0.0869   -2.1615    4.5910
  
```

Lanjutan Lampiran C15



A screenshot of the MATLAB 7.8.0 (R2009a) software interface. The window title is "MATLAB 7.8.0 (R2009a)". The menu bar includes "File", "Edit", "Debug", "Parallel", "Desktop", "Window", and "Help". The toolbar contains icons for file operations and execution. The current directory is "E:\Tugas\Tugas Akhir\Wilmot Wonka". The command window displays the following assignments:

```
S =  
    4.0000  
  
K^2 =  
    10.8772  
  
cs =  
    0.3175  
  
teta2 =  
    56.2497  
  
cp =  
    77.8955  
  
Mesin Capable  
fx >>  
Start
```

The status bar at the bottom right shows "OVR" and a refresh icon.

Lampiran C16: Hasil Program Matlab Indeks Kemampuan Proses Kertas PRIMA 48.8 Yellowish

```

MATLAB 7.8.0 (R2009a)
File Edit Debug Parallel Desktop Window Help
E:\Tugas\Tugas Akhir\Wilmot Wonka
Shortcuts How to Add What's New

Masukkan Jumlah Variabel
Jumlah variabel: 5

.....
Batas Spesifikasi
1

BSA= 50.264
BSB= 47.336
-----
Batas Spesifikasi
2

BSA= 75
BSB= 65
-----
Batas Spesifikasi
3

BSA= 8
BSB= 6
-----
Batas Spesifikasi
4

BSA= 5.2
BSB= 3.1
-----
Batas Spesifikasi
5

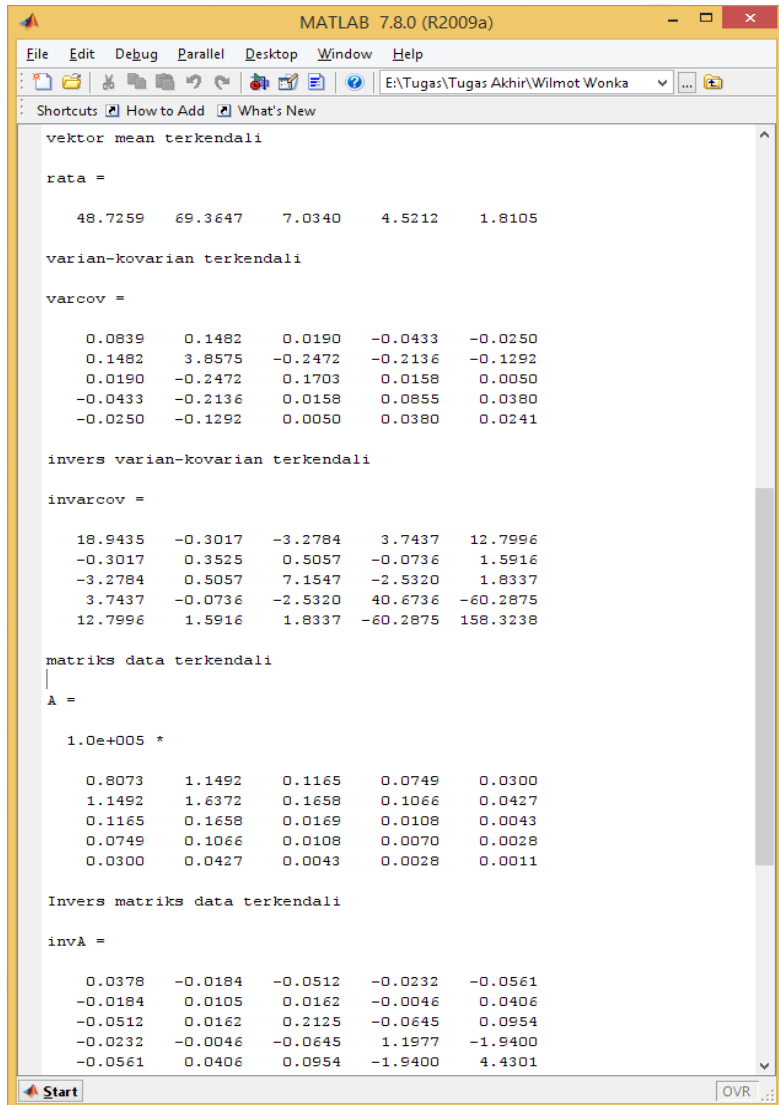
BSA= 2.1
BSB= 0.9
-----
masukkan data
-----
|
jumlah data terkendali

n =

34

```

Lanjutan Lampiran C16



MATLAB 7.8.0 (R2009a)

File Edit Debug Parallel Desktop Window Help

E:\Tugas\Tugas Akhir\Wilmot Wonka

Shortcuts How to Add What's New

```

vektor mean terkendali

rata =

    48.7259    69.3647    7.0340    4.5212    1.8105

varian-kovarian terkendali

varcov =

    0.0839    0.1482    0.0190   -0.0433   -0.0250
    0.1482    3.8575   -0.2472   -0.2136   -0.1292
    0.0190   -0.2472    0.1703    0.0158    0.0050
   -0.0433   -0.2136    0.0158    0.0855    0.0380
   -0.0250   -0.1292    0.0050    0.0380    0.0241

invers varian-kovarian terkendali

invarcov =

    18.9435   -0.3017   -3.2784    3.7437    12.7996
   -0.3017    0.3525    0.5057   -0.0736    1.5916
   -3.2784    0.5057    7.1547   -2.5320    1.8337
    3.7437   -0.0736   -2.5320   40.6736   -60.2875
    12.7996    1.5916    1.8337   -60.2875   158.3238

matriks data terkendali

A =

    1.0e+005 *

    0.8073    1.1492    0.1165    0.0749    0.0300
    1.1492    1.6372    0.1658    0.1066    0.0427
    0.1165    0.1658    0.0169    0.0108    0.0043
    0.0749    0.1066    0.0108    0.0070    0.0028
    0.0300    0.0427    0.0043    0.0028    0.0011

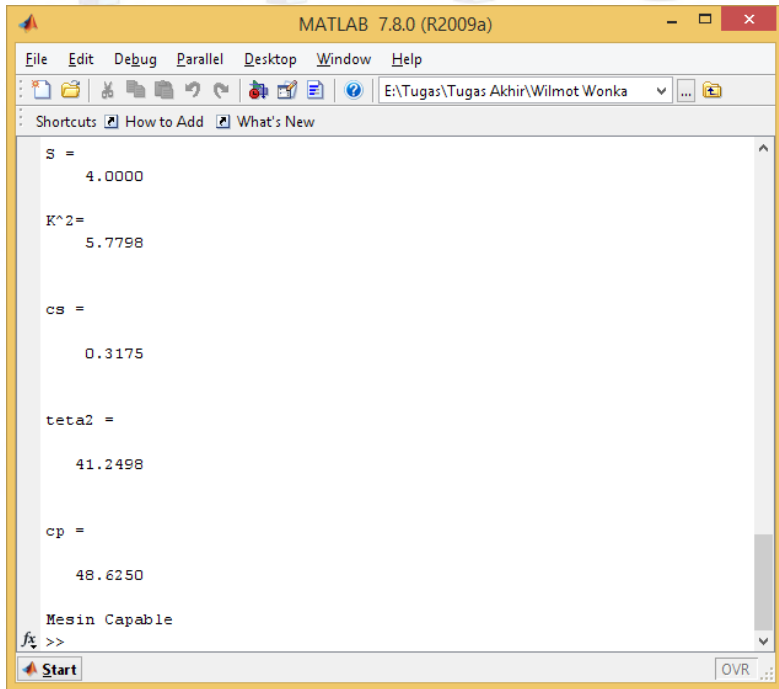
Invers matriks data terkendali

invA =

    0.0378   -0.0184   -0.0512   -0.0232   -0.0561
   -0.0184    0.0105    0.0162   -0.0046    0.0406
   -0.0512    0.0162    0.2125   -0.0645    0.0954
   -0.0232   -0.0046   -0.0645    1.1977   -1.9400
   -0.0561    0.0406    0.0954   -1.9400    4.4301
  
```

Start OVR

Lanjutan Lampiran C16



The image shows a screenshot of the MATLAB 7.8.0 (R2009a) software interface. The window title is "MATLAB 7.8.0 (R2009a)". The menu bar includes "File", "Edit", "Debug", "Parallel", "Desktop", "Window", and "Help". The toolbar contains icons for file operations and execution. The current directory is "E:\Tugas\Tugas Akhir\Wilmot Wonka". The command window displays the following assignments:

```
S =  
    4.0000  
  
K^2 =  
    5.7798  
  
cs =  
    0.3175  
  
teta2 =  
    41.2498  
  
cp =  
    48.6250  
  
Mesin Capable  
fx >>
```

The status bar at the bottom shows "Start" and "OVR".

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jonhson, Richard and Dean, Wichern. 2007. *Applied Multivariat Statistical Analysis*, 6th ed. New Jersey : Prentice Hall.
- [2] PT. ADIPRIMA SURAPRINTA. 2015. <http://www.adiprima.com/>. Diakses pada tanggal 22 Maret 2015. Pukul 17:20
- [3] Ronald, E Walpole. 2002. *Probability and Statistics for Engineers and Scientists 7th*. Prentice Hall, Inc : Upple Saddle River, New Jersey 017458.
- [4] Devintasari, D.V. 2014. *Pengendalian Kualitas Pupuk ZA I Menggunakan Grafik Kendali Multivariat Hotelling T^2* , Tugas Akhir-Juruasan Matematika ITS Surabaya.
- [5] Kotz, Samuel and Johnson, N.L. 1993. *Process Capability Indices*, University of North Carolina, Chapman & Hall, London
- [6] Montgomery, D.C. 1990. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Alih bahasa : Zanzawi Soejoeti. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- [7] Holmes, D.S., and Mergen, A.E., 1993. *Improving the Performance of The T^2 Control Chart*, *Journal of Quality*. Vol. 5, pp 619-625.

Halamai ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis yang memiliki hobi menonton animasi dan memiliki minat yang sangat besar di bidang editing foto dan video ini, dilahirkan di Surabaya, 24 Februari 1993 dengan nama lengkap Arga Willy Widyasmara.

Jenjang pendidikan yang telah ditempuh mulai dari sekolah di SDN Pacarkembang V/196 Surabaya, SMPN 29 Surabaya, SMAN 3 Surabaya, dan pada akhirnya penulis menyelesaikan jenjang kuliah di Jurusan Matematika

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Ketertarikannya dalam bidang editing membawa penulis tidak hanya belajar mengenai akademik di jurusan Matematika saja, melainkan di dunia edit Foto dan Video, terbukti saat ini penulis terkenal di situs "1cak.com" dengan username "wilmot_wonka". Sehubungan dengan tugas akhir ini, apabila pembaca ingin berdiskusi mengenai tugas akhir in, penulis dapat dihubungi melalui E-mail : wilmot.wonka.39@gmail.com

Halamai ini sengaja dikosongkan